

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. VI, No. 3

MAR 20 1962

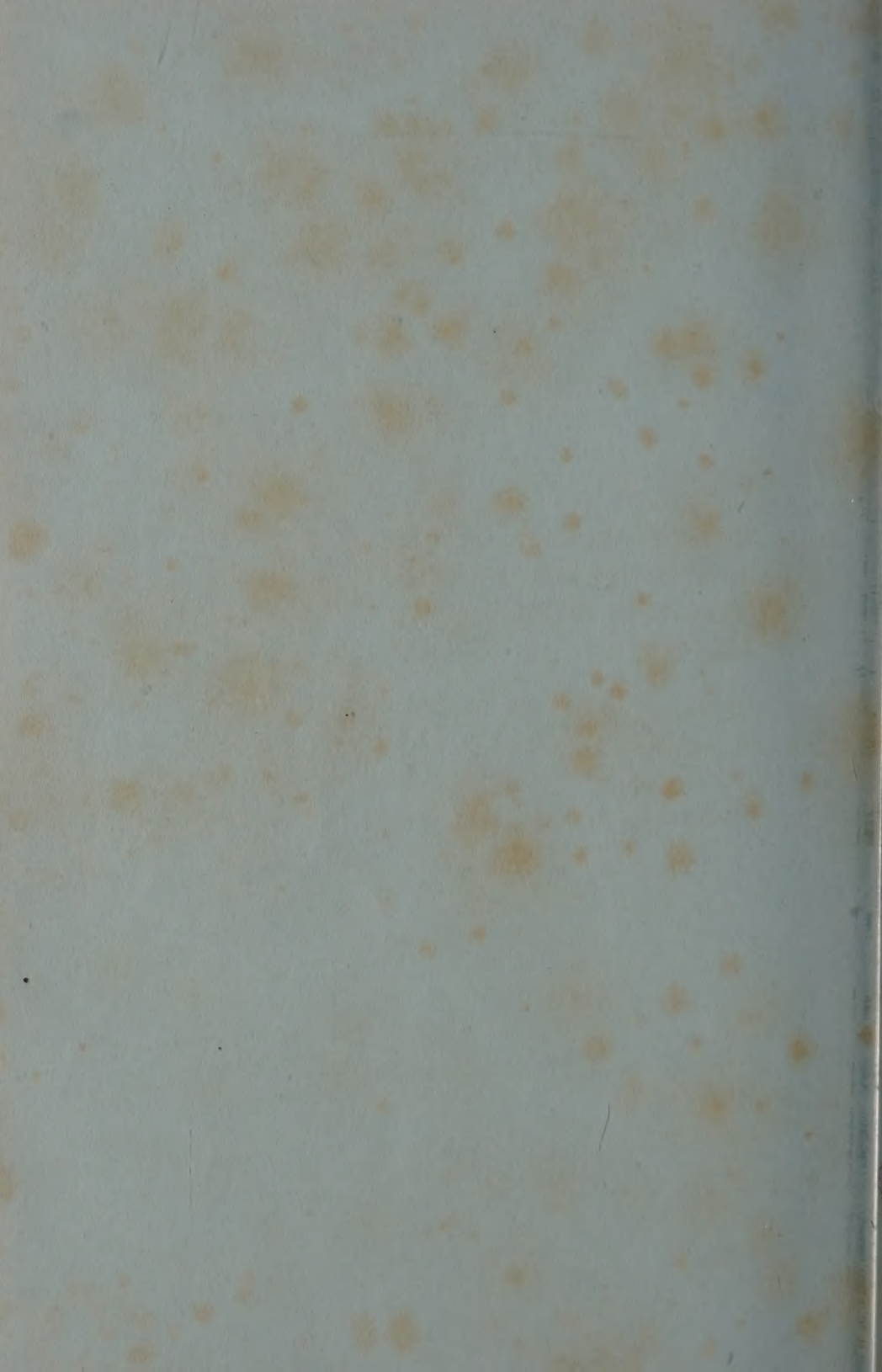
FISH & WILDLIFE SERVICE

**MEASURES OF POPULATION DENSITY AND CONCENTRATION
OF FISHING EFFORT FOR YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA
IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN, 1951-1959**

**MEDIDAS DE LA DENSIDAD DE LAS POBLACIONES DE LOS
ATUNES ALETA AMARILLA Y BARRILETE DEL OCEANO
PACIFICO ORIENTAL TROPICAL Y DE LA CONCENTRACION
DEL ESFUERZO DE PESCA SOBRE ESTAS ESPECIES, 1951-1959**

by—por
THOMAS P. CALKINS

La Jolla, California
1961



INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. VI, No. 3

**MEASURES OF POPULATION DENSITY AND CONCENTRATION
OF FISHING EFFORT FOR YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA
IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN, 1951-1959**

**MEDIDAS DE LA DENSIDAD DE LAS POBLACIONES DE LOS
ATUNES ALETA AMARILLA Y BARRILETE DEL OCEANO
PACIFICO ORIENTAL TROPICAL Y DE LA CONCENTRACION
DEL ESFUERZO DE PESCA SOBRE ESTAS ESPECIES, 1951-1959**

by—por
THOMAS P. CALKINS

La Jolla, California
1961

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION.....	71
MATERIALS AND METHODS.....	72
Source and routine processing of data.....	72
Calculation of the indices.....	73
RESULTS AND DISCUSSION.....	74
Skipjack.....	75
Quarterly variation in the indices of density.....	75
Quarterly variations in the index of concentration.....	78
Relationship of the weighted and unweighted indices of density.....	82
Relationship of the number of exploited one-degree areas and the indices of concentration and density.....	84
Seasonal changes in the geographical distribution of catch-per-standardized-day's-fishing.....	85
Yellowfin and skipjack combined.....	87
Quarterly variation in the indices of density.....	87
Quarterly variations in the concentration index.....	88
Relationship between the weighted and unweighted indices of density.....	89
Relationship between the indices of density and concentration and the number of exploited one-degree areas.....	90
Relationship between the indices of density and concentration of yellowfin and skipjack.....	91
FIGURES — FIGURAS.....	92
TABLES — TABLAS.....	108

SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

	Página
INTRODUCCION.....	126
MATERIAL Y METODOS.....	127
Origen y proceso rutinario de los datos.....	127
Cálculo de los índices.....	129
RESULTADOS Y DISCUSION.....	130
Barrilete.....	131
Variación trimestral en los índices de densidad.....	131
Variaciones trimestrales en el índice de concentración.....	134
Relación entre los índices de densidad ponderado y no ponderado.....	139
Relación del número de áreas de un grado explotadas con los índices de concentración y de densidad.....	142
Cambios estacionales en la distribución geográfica de la captura por día estandarizado de actividad.....	143
Atún aleta amarilla y barrilete combinados.....	144
Variación trimestral en los índices de densidad.....	144
Variaciones trimestrales en el índice de concentración.....	146
Relación entre el índice de densidad ponderado y el no ponderado.....	147
Relación entre los índices de densidad y de concentración y el número de áreas de un grado explotadas.....	148
Relación entre los índices de densidad y de concentración de los atunes aleta amarilla y barrilete.....	149
LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA.....	151

**MEASURES OF POPULATION DENSITY AND CONCENTRATION OF
FISHING EFFORT FOR YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA IN
THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN, 1951-1959**

by

Thomas P. Calkins

INTRODUCTION

In a previous *Bulletin* of this Commission, Griffiths (1960) discussed two indices of population density and an index of concentration of fishing effort of baitboats for yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific for the 1951-1956 period. Yellowfin and skipjack tuna occur in the same general fishing areas and many of the commercial catches are composed of a mixture of the two species. It is desirable, therefore, to extend the investigation to skipjack and to the two species combined.

The fishery for tropical tunas in the Eastern Pacific extends, approximately, from the northern border of Mexico to the vicinity of the Peru-Chile border. The area covered extends roughly from 180 to 300 miles offshore, depending on time and area, and includes the waters in the vicinity of such offshore islands as the Revillagigedos, Clipperton, Cocos and the Galapagos.

It is not known whether the skipjack in the Eastern Pacific and those in the Central Pacific are separate populations or if there are separate populations within the Eastern Pacific. Morphometric comparisons indicate that *complete* mixing does not occur between skipjack in the Central and Eastern Pacific or within the Eastern Pacific but the degree of mixing, if any, has not been determined (Hennemuth, 1959). Despite extensive programs in recent years, tagging has failed to demonstrate any movement of skipjack between the Central and Eastern Pacific. Within the Eastern Pacific, tagging has demonstrated partial but not complete mixing of skipjack over the range of the fishery (Blunt and Messersmith, 1960; Schaefer, Chatwin and Broadhead, 1961).

On the basis of morphometric comparisons, the yellowfin of the Eastern and Central Pacific appear to be independent or semi-independent populations (Royce, 1953; Schaefer, 1955). This conclusion is strengthened by the lack of tag recoveries between the two areas. Within the Eastern Pacific, subpopulations of yellowfin may exist but morphometric comparisons have failed to disclose any (Broadhead, 1959). Tag recoveries indicate that partial mixing takes place between regions in the Eastern Pacific (Blunt and Messersmith, 1960; Schaefer, *et al*, 1961).

Skipjack enter the commercial catch at 45 cm., or four pounds, which is the minimum legal limit. One year after entering the fishery, they

average 60 cm. in length. They remain in the fishery approximately 17 months. On the basis of the available length-frequency data, the entering skipjack are thought to be one or two years old (Schaefer, 1960).

The majority of the yellowfin catch is composed of fish between 55 and 150 cm. A minimum legal size limit of 55 cm. ($7\frac{1}{2}$ pounds) controls the size at which yellowfin enter the catch. At that time they are in their first year. At the end of two years they average 85 cm., at three they average 123 cm., and they average 144 cm. at four years, after which they virtually disappear from the catch (Hennemuth, 1961).

The commercial catch of tropical tunas in the Eastern Pacific is landed by two types of vessels: baitboats and purse-seiners. The purse-seine data have not been included in this report, for reasons which will be discussed in the next section.

The live-bait fishery for tropical tunas in the Eastern Pacific has been described in detail by Godsil (1938) and by Shimada and Schaefer (1956). The geographical distribution of the catch during the 1951-1958 period has been described by Alverson (1960).

The primary objective of this study is to compute two indices of population density and an index of concentration of fishing effort of tuna baitboats for skipjack alone and for yellowfin and skipjack combined, and to examine the quarterly and annual variations in these indices. Secondary objectives are to examine the relationship between these indices and the dispersal of the fishery, and to demonstrate the seasonal changes in the geographical distribution of the catch-per-unit-of-effort in the skipjack fishery. Griffiths (1960) covered these objectives for yellowfin for the years 1951 through 1956. In addition, he made some of the computations for both species for the 1951-1957 period.

MATERIALS AND METHODS

Source and routine processing of data

The source of data has been the logbooks which are kept by the fishing vessel masters. The vessel masters are able to estimate tonnages caught with considerable accuracy (Shimada, 1958). At the completion of each commercial trip, logbook data are copied by members of the Commission's staff. This information is analyzed, and catch and effort assigned to the appropriate statistical areas, the dimensions of which are one degree of latitude by one degree of longitude. A map of the Eastern Tropical Pacific Ocean covering the range of the fishery and illustrating the statistical area system used by the Commission is presented in Figure 1. The tabulated data are then transferred to I.B.M. cards and the catch and effort are summarized by vessel size class by fishing areas for each quarter of the year. The effort, in logged fishing days, is standardized to the efficiency of a Class IV baitboat (201 to 300 tons carrying capacity). A de-

tailed description of logbook data processing and standardization of effort is given by Shimada and Schaefer (1956) and by Griffiths (1960).

This study utilizes the data from California-based baitboats from 1951 through 1959 and, in addition, for recent years, includes logbook data from baitboats operating out of Mexico, Costa Rica, Panama, Peru, and Puerto Rico. The total tonnages of yellowfin and skipjack recorded in logbooks have varied between 61 and 82 per cent of the total tonnages landed in the Eastern Pacific in the 1951-1958 period. The low point of logbook coverage was 1951 during which the program was inaugurated. The average coverage over the eight-year period was 76 per cent (Alverson, 1960).

Baitboats were the dominant element of the fleet during the period covered by this study, catching an average of 75 per cent of the yellowfin and 90 per cent of the skipjack of the California-based fleet. In recent years, however, there has been a marked increase in the proportion of the total catch, particularly yellowfin, landed by purse-seine vessels. In 1958, 66 per cent of the yellowfin landed by the California-based fleet was from baitboats and in 1959 this figure dropped to slightly under 50 per cent. The percentage of skipjack contributed by baitboats has not declined as markedly. In 1959, 88 per cent of the total landings of skipjack by the California-based fleet was from baitboats (Schaefer, 1961).

Purse-seine data have not been used because of the difficulty of equating data from the two types of gear. Prior to 1958, these vessels did not contribute more than 27 per cent of the yellowfin landings or more than 13 per cent of the skipjack landings of the California-based fleet in any one year. Prior to 1959, purse-seine effort was quite unevenly distributed throughout the year, being concentrated in the first two quarters.

Calculation of the indices

After machine tabulation of the logbook data, the standardized effort and catch of yellowfin and skipjack are available for each one-degree area for each quarter of the year. From these data, two indices of density were calculated for each of the 36 quarters in the 1951-1959 period under study. The two indices, using the terminology of Gulland (1956), adopted by Griffiths (1960), are referred to as the weighted and unweighted indices of density.

The unweighted index of density is, simply, the total catch, in tons, divided by the total number of standardized-day's-effort applied. Therefore, for a given quarter, the unweighted index of density is:

$$\frac{\sum_{i=1}^N y_i}{\sum_{i=1}^N e_i}$$

where y_i is the catch in the i^{th} one-degree area

e_i is the effort in the i^{th} one-degree area

N is the number of exploited one-degree areas

The weighted index is the sum of the catch-per-standardized-day's-fishing from each exploited one-degree area divided by the total number of one-degree areas exploited in that particular quarter. In mathematical notation the weighted index is:

$$\frac{\sum_{i=1}^N (y_i/e_i)/N}{N}$$

The term *weighted index* signifies that this index is weighted by area.

If equal effort were devoted to the various one-degree areas the two indices of density would be equal, in spite of differences in catch-per-unit-of-effort among areas. Conversely, if more effort were devoted to areas where the catch-per-unit-of-effort is higher than average, the unweighted index will exceed the weighted index. Thus, the ratio of the two indices,

$$\left[\frac{\sum_{i=1}^N y_i}{\sum_{i=1}^N e_i} \right] / \left[\frac{\sum_{i=1}^N (y_i/e_i)/N}{N} \right]$$

is a measure of the success of the fleet in concentrating its effort on higher than average densities of fish. If a majority of the effort were applied to areas with higher than average densities, the ratio would be greater than one; if effort were applied completely at random, the ratio would be equal to one; and if a majority of the effort were devoted to areas with less than average densities, the ratio would be less than one. This ratio is termed the "index of concentration of effort" or "concentration index." For a more detailed discussion of the theoretical aspects of the indices, the reader is referred to Gulland (1956) and Griffiths (1960).

RESULTS AND DISCUSSION

The basic data for skipjack, yellowfin and for the two species combined are given in Tables 1, 4 and 7 respectively. The following information is contained in the tables: the quarterly values for catch (tons), effort (standardized-day's-fishing), unweighted index of density, sum of the catch-per-standardized-day's-fishing of all exploited one-degree areas, the number of exploited one-degree areas, the weighted index of density, and the concentration index. Annual totals of catch and effort and the annual averages of the quarterly values of the three indices and the number of one-degree areas are also shown in the tables. Annual values of the unweighted index were also computed using the annual totals of catch and effort. Effort cannot be divided between species, therefore, the same effort data is used with all three groups of catch data.

The conclusions which can be drawn from the fluctuations of the indices will depend, somewhat, on how accurately the catch-per-standardized-day's-fishing in a one-degree area, in a particular quarter, represents the actual abundance of fish at that time and place. This will depend, to a certain extent, on the amount of fishing an area receives. If an area

receives little fishing effort, weather and sea conditions or behavior of the fish, such as willingness to bite, are apt to have a large quasi-random effect on the catch-per-unit-of-effort. The greater the amount of effort applied, the more likely it is to be well distributed in time and space within the area, and the better the chance of the favorable and unfavorable factors affecting availability have of being averaged out. Griffiths (1960), attempted to meet this problem by eliminating the sporadically exploited one-degree areas from the data. In order to decide at what level of effort to eliminate one-degree areas, he recalculated the weighted index of density after eliminating all one-degree areas which received less than five, and less than ten, logged-day's-effort in a quarter. There was a substantial change between the original index and the index after elimination at the five-day level but little change between the indices after elimination at the five and ten-day levels. It was concluded that there was little to be gained by elimination at any higher level than five-logged days. The five-logged-day-level was applied to the data used in this report. The data, after elimination, for skipjack, yellowfin, and for the two species combined are shown in Tables 2, 5 and 8 respectively.

Skipjack

Quarterly variation in the indices of density

The yellowfin data will not be discussed in detail since these have been analyzed by Griffiths (1960) but will be referred to for basis of comparison with the skipjack and the data for both species combined.

The quarterly values of the weighted and unweighted indices of density of skipjack before elimination of lightly exploited areas are plotted in Figure 2. There is a pronounced seasonal fluctuation in both indices with the higher values tending to occur in the last two quarters of most years. This is especially apparent in the case of the unweighted index. In all years, except 1951 and 1959, the first quarter is the low point of the year, and there is a steady increase through the second and third quarters. The values for first quarters are lower than those of the preceding fourth quarter in all years, with the exception of 1959. This seasonal pattern is present, to a lesser extent, in the weighted index. In all years, except 1951, the first quarter is the lowest of the year and there is an increase from the first through the second and third quarter in every year except 1951 and 1957. The first quarter is lower than the preceding fourth quarter in all years except 1958. This seasonal pattern of fluctuation is not present in the yellowfin indices of density (see Figure 6).

Average values for the two indices of density, for each of the four quarters of the year, were computed from the nine-year series of data. This was accomplished by adding the values from nine similar quarters, (all first quarters 1951 through 1959, for example), and dividing by nine. These values are shown in Table 3 and Figure 4 for skipjack and in Table

6 for yellowfin. Arranged in ascending order of magnitude the average quarters of the skipjack unweighted index fall into the following order: first, second, fourth, third. For the weighted index the order is as follows: first, fourth, second, third. There is less range among the average quarterly values of the yellowfin indices of density than those of the skipjack; the second quarter has the highest average value for both indices of density.

The unweighted index for skipjack fluctuates more than the weighted index (Figure 2). This is also illustrated by the coefficients of variation of the two indices which are 0.520 for the unweighted and 0.399 for the weighted. The corresponding values for the yellowfin are 0.409 for the unweighted index and 0.367 for the weighted index.

It will, perhaps, be of interest briefly to examine some of the more extreme fluctuations in the indices of density of the skipjack.

In the last half of 1951, both indices of density of skipjack declined drastically. In contrast, both indices of yellowfin reached very high levels. The catch-per-standardized-day's-fishing for yellowfin was high off Central America and on Guayaquil Bank and Ridge. These areas, however, did not produce much skipjack. In the case of Guayaquil Bank, this may or may not have been due to the boats selectively fishing for yellowfin. In subsequent years this area consistently produced more skipjack than yellowfin.

In the first quarter of 1952, both skipjack indices continued to decline slightly and both reached low points for the nine-year series. In this year the skipjack indices began to display the seasonal fluctuation of first quarter decline with a subsequent rise to a yearly peak in the third or fourth quarter. The general trend of both indices, over the 1952-1954 period, was up.

In the last quarter of 1954, the skipjack unweighted index reached an unusually high level. This was accompanied by a sharp decline in effort. Vessels which did fish, however, did well off Central America and extremely well on Guayaquil Bank and Ridge.

In 1955 and 1956, the unweighted index declined from the high level of 1954 but remained considerably above the levels of 1952 and 1953. The trend of the weighted index was up during the two years.

The year 1957 was one of unusual oceanographic conditions. Sea-water temperatures were abnormally high off the Peruvian coast and were above normal all along the North American coast most of the year (Schaefer, 1958). This resulted in good catches at the extreme northern and southern ranges of the fishery and a drop in apparent abundance in the central areas.

The unusual oceanographic conditions continued in 1958 (Schaefer, 1959). Southern areas, which had been beyond the range of the fishery before the fourth quarter of 1957, continued to yield good catches of skipjack, especially in the first and fourth quarters. Yield remained poor in the central areas all year. In the third quarter, there was a sharp increase in the unweighted index which was principally due to unusually good catches at the extreme northern limit of the fishery. Good catches were also made at Guayaquil Bank and at the 14 fathom spot (Chimbote Bank) with almost nothing between Cape San Lucas and Ecuador.

In 1959, the unusual oceanographic regime continued through, at least, the first half of the year. In the first quarter nearly all of the skipjack catch came from relatively few one-degree areas, all of which were south of the equator. These one-degree areas were located in three general areas: the Gulf of Guayaquil, the 14 fathom spot (between 9° and 10° S, near the Peruvian coast) and the Peru-Chile border region between 17° S and 22° S. The fishery did not extend as far south in the second quarter but the 14 fathom spot (Chimbote Bank) produced nearly three quarters of the catch. As a result, the unweighted index attained a value of 7.51, the high point for this series of data. The far southern areas did not produce in the third quarter but the unweighted index stayed at nearly the same level as the previous quarter. This was due to catches made in the Guayaquil region and on the local grounds off Baja California, where the fishery was unusually extended in a northerly direction. The unweighted index dropped sharply to 2.46 in the fourth quarter. Ocean temperatures were returning to normal and there was no catch south of the Guayaquil area.

During 1958 and 1959, there were no extraordinary fluctuations in the weighted index of density of the skipjack. The unweighted index of the yellowfin remained nearly constant between the third quarter of 1957 and the last quarter of 1959 at a level slightly below the nine-year average. The weighted index of the yellowfin rose moderately in the last quarter of 1958 and remained slightly above average until the last quarter of 1959.

The unweighted index can be substantially affected by high catch-per-standardized-day's-fishing in relatively few of the large number of one-degree areas fished during a quarter. It is doubtful that the more extreme fluctuations of this index are completely representative of actual changes in abundance. The weighted index is much less affected by exceptional catches in a few one-degree areas, which may result from local changes in availability.

The weighted and unweighted indices of density, after elimination of one-degree areas which received less than five-logged-day's effort per quarter, are shown in Figure 3 for skipjack and in Figure 7 for yellowfin.

Elimination had the following effect on the skipjack data. Catch was

reduced by an average of 1.3 per cent and effort by an average of 4.2 per cent. The unweighted index was raised 3.9 per cent, on the average, but the pattern of fluctuation was virtually unchanged. The greatest change was in the number of exploited one-degree areas. The average reduction was 49.4 per cent. The weighted index of density, because of the fact that most of the eliminated areas had very low catch-per-standardized-day's-fishing, was increased by an average of 49.8 per cent. The pattern of fluctuation of the weighted index, however, is similar before and after elimination. Most of the high and low points occur in the same quarters as before elimination. In a few cases, a high or low point has been shifted one quarter later.

The coefficients of variation of the two indices were not greatly changed by elimination. The coefficient of variation of the unweighted index was increased from 0.520 to 0.527; that of the weighted index was increased from 0.399 to 0.418. The corresponding values for yellowfin, after elimination, are 0.414 for the unweighted index and 0.324 for the weighted index.

The values for the four average quarters of the two indices of density, after elimination, are shown in Table 3 and Figure 5 for skipjack and in Table 6 for yellowfin. There was little change in the average quarterly values of the unweighted index, after elimination, except that the value of each was increased slightly. The ascending order of magnitude of the average quarters of the skipjack weighted index was changed from first, fourth, second, third to first, second, fourth, third. Elimination affected the average quarterly values of the yellowfin indices in a similar manner. For both species, the weighted index during the fourth quarter was increased proportionally more than during the other quarters, because more one-degree areas tended to be eliminated in that quarter.

Quarterly variations in the index of concentration

The quarterly values of the index of concentration of skipjack are shown in Figure 8. The solid line, representing the data before elimination of one-degree areas at the five-logged-day-level, will be discussed first.

The coefficient of variation of the skipjack concentration index is 0.462—intermediate between the coefficients of variation of the two indices of density. The concentration index of yellowfin is shown in Figure 9. With a coefficient of variation of 0.254, it is less variable than that of the skipjack.

The seasonal fluctuation of the skipjack concentration index is not so pronounced as that of the indices of density; however, in most years, there is a tendency for the higher values to occur in the later half of the year. The average quarterly values for the nine-year period are presented in Table 3 and Figure 4 for skipjack, and in Table 6 for yellowfin. The aver-

age quarterly values of the skipjack concentration index in order of ascending magnitude rank: first, second, third, fourth.

In 1951, the skipjack index of concentration fell steadily throughout the year. In the fourth quarter the value was 0.70; the low point of the nine-year series. In that quarter the level of effort was very low and one-fourth of the total was applied in the one-degree area in which Guayaquil Bank is located. The catch in this area was 99 per cent yellowfin. The catch was predominantly yellowfin in other one-degree areas, such as Uncle Sam Bank, which also received a high proportion (10%) of the total effort. Most of the effort was directed at yellowfin, which resulted in the relatively high value of the yellowfin index and the extremely low value of the skipjack index.

In 1952, the skipjack concentration index recovered from the low point of 1951 and the trend during 1952 and 1953 was upward. Over this period, the yellowfin concentration index was very close in value to that of the skipjack, indicating that the effort of the fleet was not concentrated predominantly on one species.

In the first quarter of 1954, the index of concentration of skipjack continued the modest rise of the previous year. The yellowfin concentration index rose steeply, reaching a value of 3.01; the highest point of the 1951-1959 period. Effort was light on the local grounds but well distributed over the remainder of the range of the fishery. There was a heavy catch, and very good catch-per-standardized-day's-fishing, of yellowfin at the 14 fathom spot which caused the high value of concentration index. The catch of skipjack at the 14 fathom spot was not exceptional, possibly due to the fleet passing skipjack for yellowfin. In subsequent years, this bank yielded larger catches of skipjack than yellowfin.

In the fourth quarter of 1954, the concentration index of skipjack made a spectacular rise from 1.97 to 4.15. In this quarter, effort was considerably reduced and the catch of both species was down from the previous quarter. The skipjack concentration index was substantially affected by catches from the two one-degree areas in which Guayaquil Bank and Ridge are located. The two areas received 40.6 per cent of the total effort and produced 57.6 per cent of the total catch of skipjack.

Effort was much reduced in 1955 but the index of concentration did not display any unusual fluctuations. The indices of both species rose as the year progressed and the high value for both species came in the fourth quarter. The concentration indices of the two species were quite close all year and nearly identical in value in the second and third quarters.

In 1956, the skipjack index of concentration again displayed the pattern of higher values in the last two quarters. The value of the skipjack concentration index in the last two quarters of 1955 and 1956 were almost identical, despite a substantial increase in effort in 1956. After a sharp

decline in the first quarter, the yellowfin concentration index declined moderately in the last half of the year.

The skipjack concentration index displayed the usual first-quarter decline in 1957. The index fell to 1.06 which was the second lowest value of the series. The effort in this quarter was heaviest off Central America where the catches of yellowfin normally far exceeded those of skipjack.

In the third quarter of 1957, effort was concentrated heavily on the local banks where skipjack predominated. The catch-per-standardized-day's-fishing for skipjack was also high at the 14 fathom spot, near the southern end of the range of the fishery. In the fourth quarter the skipjack index of concentration reached 3.76, an exceptionally high value. A large number of one-degree areas (206) were fished but most of the effort was concentrated in relatively few one-degree areas on the local grounds, in the vicinity of the Gulf of Guayaquil and farther south, off Peru and Chile.

The skipjack index of concentration fluctuated considerably in 1958 from a low in the first quarter to a peak in the third, with another decline in the fourth quarter. Because of unusual oceanographic conditions, good catches of skipjack were made as far south as 20°S, in the first and fourth quarters. These areas first produced substantial catches in the fourth quarter of 1957. In the third quarter of 1958, unusually good catches of skipjack were made at the extreme northern limit of the fishery. The highest catch-per-standardized-day's-fishing came from those one-degree areas located between 28 and 33 degrees north latitude. In normal years few skipjack are taken north of 28°N.

The skipjack concentration index reached the highest value of the nine-year series early in 1959. In the first quarter, the index reached 4.55, which was the highest value up to that time and in the second quarter, the index increased further to 5.22. The low point for the year was 2.56 in the fourth quarter but this was still above the nine-year average. Over 95 per cent of the skipjack catch in the first quarter came from south of the equator and over 90 per cent came from ten one-degree areas: two in the Guayaquil region, one at the 14 fathom spot, and eight in the region of the Peru-Chile border. In the second quarter the high value of the concentration index was due primarily to the catch made at the 14 fathom spot which contributed nearly 75 per cent of the total. If this one-degree area is omitted from the data, the index drops from 5.22 to 1.92.

There was no catch logged below 5°S latitude in the third quarter. Very good catches, however, were made from the Guayaquil region and from the local grounds. The decline in the concentration index from the previous quarter was associated with a reduction in the number of exploited one-degree areas, which resulted in an increase in the weighted index. In the fourth quarter there was a decrease in the catch on the local grounds and in the Guayaquil area; however, these areas still contributed most

of the catch. All of the one-degree areas from 5°S to 22°S which yielded good catches in the first quarter were fished, but produced nothing, resulting from a return to normal oceanographic conditions.

During the period of exceptionally high values of the skipjack concentration index (1957:3 to 1959:4) the yellowfin concentration index declined and stabilized at a level below average. The fringe areas of the fishery which provided most of the skipjack catch were not productive of yellowfin. A large part of the yellowfin catch usually comes from the Mexican and Central American coast in the central portion of the range of the fishery. The abnormally warm seawater temperatures in 1957 and 1958 probably had an adverse effect on availability of yellowfin and skipjack in these areas. In 1959, when temperatures were returning to normal, the yellowfin data used herein were relatively less extensive than the data of previous years, because of the conversion of much of the fleet to purse-seiners, which made more than half of the total catch.

There were two periods of abnormally high seawater temperature in the series of years covered here: in 1953, when the "El Niño" condition occurred off Ecuador and Peru (Posner, 1957) and in 1957-1958 when seawater temperatures were above normal throughout almost the entire range of the fishery. During both periods the concentration index of yellowfin declined while that of skipjack increased. The highest values in the skipjack index occurred in the years when conditions were returning to normal: 1954 and 1959. In 1954, there was an increase in the yellowfin concentration index also. This did not occur in 1959, although the increase may have been obscured by the change in fishing methods.

The plot of the concentration index after the elimination of the one-degree areas at the five-logged-day level is shown by the broken line in Figure 8 for skipjack and in Figure 9 for yellowfin. Due to the proportionally greater increase in the weighted index in comparison to the unweighted index, the skipjack concentration index is reduced by an average of 29.4 per cent by elimination. The concentration index of yellowfin is reduced by 26.6 per cent, on the average.

The coefficients of variation of the concentration indices of both species are reduced by elimination. That of skipjack is reduced from 0.462 to 0.416 and that of yellowfin is reduced from 0.254 to 0.241.

The average quarterly values of the concentration index, after elimination, are shown in Table 3 and Figure 5 for skipjack and in Table 6 for yellowfin. The ascending order of magnitude of the average quarterly values of the skipjack concentration index was nearly reversed by elimination. It was changed from first, second, third, fourth to third, fourth, second, first. The ascending order of magnitude of the yellowfin average quarters was changed from second, first, third, fourth to second, third, fourth, first.

It can be seen from Figures 8 and 9 that the high values of the concentration index tend to be more reduced by elimination than the low values. Prior to elimination, the higher values tend to occur in the last half of the year, which is also when the greatest proportion of one-degree areas is eliminated. This results in a greater increase in the weighted index in the last half of the year than in the first half and, thereby, a proportionately greater reduction of the concentration index in this period.

The most notable changes in the skipjack concentration index, after elimination, were the following: (1) The reduction of the peak at 1954:4; (2) The change in position of the peak at 1957:4 to 1958:1. In 1954:4 the total number of exploited one-degree areas was 172. Of this total, 105 or 61 per cent, received less than five-logged-day's effort and were eliminated. Most of these areas had very low or zero catch-per-unit-of-effort and, as a result, the weighted index increased 66 per cent, while the unweighted index only increased by 4.6 per cent. This, therefore, caused a 43 per cent reduction in the concentration index. The same situation occurred in 1955:4 when 65 per cent of the exploited one-degree areas were eliminated and again in the fourth quarter of 1957 when 60 per cent of the one-degree areas were eliminated.

Despite the elimination of 49.6 per cent of the areas in the first quarter of 1958, the two indices of density changed very little. There were several one-degree areas, principally off Ecuador and Peru, which had high catch-per-standardized-day's-fishing but received less than five-logged-day's-effort and were eliminated. The reduction in the number of one-degree areas (denominator of the weighted index) was nearly equaled by the reduction of the sum of the catch-per-standardized-day's-fishing (numerator of the weighted index). Therefore, the increase in the weighted index and consequent reduction of the concentration index, usually associated with the elimination of a large number of one-degree areas, did not occur.

Relationship of the weighted and unweighted indices of density

To examine the relationship between the weighted and unweighted indices of density, the quarterly and annual values of the unweighted index were plotted against the corresponding values of the weighted index. When one index is zero, the other must also be zero, therefore, the line of best fit is assumed to pass through the origin. Snedecor (1946, 4th edition) lists three methods for computing the slope of a line passing through the origin. To select the appropriate method, the X values are grouped in order of ascending magnitude and the variances of the grouped Y values at each X group mean are tested for homogeneity. If the variances are homogeneous, the slope of the regression line is computed by the formula: $b = \Sigma XY / \Sigma X^2$. If the variances are not homogeneous, the variances and standard deviations of the Y groups are examined in relation to the ascending values of the X groups. If the variances increase in a constant pro-

portion to the ascending values of X , the method of averages is used to compute the slope. If the standard deviations fall closer than the variances to linear relationship with X , the slope is the mean of the Y/X ratios. The Y group variance of the skipjack and yellowfin were not homogeneous and the data appeared to fit the third situation. Therefore, the formula $b = \Sigma(Y/X)/N$ was used. In this case, the slope is equal to the average of the concentration index.

When the ratio method is used, the 95 per cent fiducial limits of the regression are given by:

$$Y = (b \pm t_{.05} s_b) X$$

where s_b is the sample standard deviation of b and is equal to

$$(s^2_{(Y/X)}/N)^{1/2}$$

The term $s^2_{(Y/X)}$ is the variance of the X/Y ratios, and N is the number of observations.

The above formula also describes the 95 per cent fiducial limits of the mean ratio of Y to X . The 95 per cent fiducial limits of the individual Y values are given by the slopes

$$b \pm t_{.05} s_{(Y/X)}$$

The plot of the unweighted index of skipjack on the weighted index is shown in Figure 10. The slope of the line is 2.202 and the 95 per cent fiducial limits of the regression are given by the slopes 1.857 and 2.546. Theoretically, if fishing effort were distributed at random within the fishing area of the Eastern Tropical Pacific, the two indices of density would be equal and the concentration index and the slope of the regression line would be equal to one. Therefore, it appears that over the nine-year period, the fleet, on the average, concentrated its effort on skipjack 120 per cent better than if fishing had been at random. At the 95 per cent confidence level, the average concentration of effort was between 86 and 155 per cent better than random. The 95 per cent confidence limits of the individual predicted Y values for given values of X are given by the slopes 0.135 and 4.268 ($\pm 94\%$ of b). These limits are too broad to be of much practical value. The correlation coefficient between the two indices is 0.560 which is significant at the 99 per cent confidence level.

If it is desired to predict one index from the other, it would be more practical to predict the weighted index from the unweighted index because of the greater ease of computation of the latter. To accomplish this, it is necessary to reverse the coordinates and recompute the slope of the line. The slope and fiducial limits after reversal of coordinates are given in Table 10.

The relationship between the two indices of density was also examined using annual values (mean of the four quarterly values). The values of the regression coefficient and 95 per cent fiducial limits are given in Table 10. The values are quite close to those obtained using quarterly data;

however, the correlation coefficient of the annual data is not significant at the 95 per cent confidence level.

These calculations were also carried out with the yellowfin data. The regression coefficient is 1.640 for the quarterly data and the 95 per cent fiducial limits are 1.500 and 1.781. The limits of the individual Y 's are 0.796 and 2.485. These limits are considerably narrower than those obtained from the skipjack data, which are, on the whole, more erratic than the yellowfin data. The correlation between the quarterly density indices of yellowfin is 0.580**. The values obtained after reversal of coordinates and from the annual data are shown in Table 10. The correlation coefficient obtained from the annual yellowfin data is 0.925, which is significant at the 99 per cent level.

The relationship between the weighted and unweighted indices of density of skipjack was re-examined after the elimination of the one-degree areas at the five-logged-day level. The plot of the quarterly values of the unweighted index against the corresponding values of the weighted index is shown in Figure 11. The slope of the line was reduced to 1.555. The 95 per cent confidence limits were reduced to ± 14 per cent of b as opposed to 16 per cent before elimination. The 95 per cent confidence limits of the individual Y values were reduced to ± 84 per cent of b as opposed to 94 per cent before elimination. The correlation coefficient was increased from 0.560** to 0.710**.

The elimination of one-degree areas at the five-logged-day level had a similar effect on the yellowfin data. The regression coefficient was reduced from 1.640 to 1.204. The 95 per cent confidence limits of the regression were reduced from 9 to 8 per cent of b . Similarly the 95 per cent confidence limits of the individual Y values were reduced from 52 per cent to 49 per cent of b . The correlation coefficient was increased from 0.580** to 0.783**. The effect of using annual averages and reversing coordinates of both quarterly and annual data, for both species, is summarized in Table 10.

Relationship of the number of exploited one-degree areas and the indices of concentration and density

Griffiths (1960) examined the relationship between the number of exploited one-degree areas and the concentration index of yellowfin over the period 1951-1956. He suggested that the coverage of more one-degree areas by the fleet might be associated with greater scattering of the fish and, thus, with a decline in the concentration index which could be demonstrated by a significant negative correlation between the number of exploited one-degree areas and the concentration index. The correlation coefficients from both quarterly and annual data were negative but not

** There is followed in this report the convention of indicating significance at the 95 per cent level by one asterisk and at the 99 per cent level by a double asterisk.

significant. These coefficients were recalculated for the 1951-1959 series of yellowfin data. Neither the quarterly nor annual correlation coefficient approached significance. The calculations were repeated after the elimination of one-degree areas and again were not significant. The same correlation coefficients were calculated from the skipjack data. None of the coefficients, quarterly or annual, before or after elimination, approached significance. The values of these coefficients for both species can be found in Table 11. There is no evidence to suggest that there is a consistent relationship between the number of exploited areas and the concentration index of either species.

Griffiths (1960) also examined the relationship between the number of exploited one-degree areas and the two indices of density. He obtained significant negative correlations with the annual and quarterly values of both indices, suggesting that the fishery covers more one-degree areas due to increased searching activity as the catch-per-unit-of-effort declines. These calculations were repeated with the 1951-1959 series of data. Significant (99% level) negative correlations were obtained between both yellowfin indices of density and the number of one-degree areas fished on both a quarterly and annual basis. Elimination of one-degree areas at the five-logged-day level tended to weaken the correlations. The quarterly and annual values of the correlation coefficients between the one-degree areas and the weighted index were significant at the 95 per cent level but neither value for the unweighted index reached that level of significance.

For skipjack, none of the correlations between the number of one-degree areas and the annual indices of density were significant. After elimination, but not before, the quarterly correlations were significant for both indices.

In most cases, the correlations between indices of density and the number of one-degree areas fished is stronger for yellowfin than for skipjack. This suggests that the increase in searching activity of the fleet is more closely related to a decline in apparent abundance of yellowfin than of skipjack. The difference in geographical distribution of the catch of the two species may be a contributing factor to this relationship. The best skipjack catches have usually been made at the northern and southern ends of the area covered by the fishery. These areas contain fewer one-degree areas than the much more extensive central regions which usually produce the bulk of the yellowfin catch, hence, perhaps, less searching activity is required for skipjack than for yellowfin.

Seasonal changes in the geographical distribution of catch-per-standardized-day's-fishing

The geographical and seasonal changes in the catch-per-standardized-day's-fishing for skipjack have been discussed, to some extent, in conjunction with the discussion of the fluctuations of the indices of density and concentration. The catch-per-standardized-day's-fishing by one-degree

areas, by quarter, is shown by Griffiths (1960) for yellowfin for the 1951-1955 period and by Alverson (1960) for yellowfin and skipjack for the 1951-1958 period. In this report the average values for the nine-year period, by one-degree areas, will be considered. The geographical distribution of the average skipjack catch-per-standardized-day's-fishing, for the four quarters, for the 1951-1959 period, is shown in Figures 12 a, b, c, and d. One-degree areas which received less than five-logged-day's effort in a quarter were eliminated from the average, and one-degree areas which received more than five-logged-day's effort per quarter in only one of the nine years were not included. It was not practical to enter numerical values on the charts, therefore, the procedure used by Griffiths (1960) and by Alverson (1960) was followed. The numerical values of the average catch-per-standardized-day's-fishing were divided into five categories, each of which is represented by a different-sized dot.

During first quarters, the fishing areas off the Ecuadorian coast and around the Galapagos Islands have had the highest average catch-per-standardized-day's-fishing for skipjack (Figure 12a). However, in years of unusually high temperatures, such as 1958 and 1959, the one-degree areas in the region of the 14 fathom spot and in the vicinity of the Peru-Chile border have been especially productive.

In second quarters, the fishery seldom extends farther south than the Gulf of Guayaquil and more effort is concentrated off the lower Mexican coast and off Central America (Figure 12b). This, however, is due primarily to the yellowfin fishery (see Alverson, 1960). These regions do not consistently produce large quantities of skipjack, although in some years scattered one-degree areas, in these regions, and especially off Central America, have been productive. The Colombian and Ecuadorian coasts and the southern portion of the local grounds off Baja California have been the most consistent producers. In the early 1950's the Galapagos were productive, and in the recent warm water years the 14 fathom spot has been important.

The most productive areas in third quarters have been the local grounds, off Baja California, and the area between the Gulf of Fonseca and Guayaquil Bank, including the Galapagos Islands (Figure 12c). The 14 fathom spot was important in 1957 and 1958.

In fourth quarters the fishery is spread out more than in third quarters. The local grounds are fished less extensively, and the lower Mexican coast is more extensively covered (Figure 12d). The Guayaquil area and the Galapagos have generally been the highest in apparent abundance. However, in 1954, 1955 and 1956, some of the one-degree areas off the coast of Central America were productive, and in 1958 the northern portion of the local grounds and the region of the Peru-Chile border were among the most productive regions.

Some generalizations can be made on the skipjack fishery for the average year, as a whole. The Gulf of Guayaquil has consistently been one of the most productive areas all year and the region from the Tres Marias south to northern Central America has been consistently unproductive. The local grounds have been among the most productive regions in the second and third quarters.

Yellowfin and skipjack combined

Quarterly variation in the indices of density

The data for the two species combined are presented in Table 7 (before elimination) and Table 8 (after elimination). A graphical presentation of the weighted and unweighted indices of density, before elimination, is shown in Figure 13.

The seasonal pattern of fluctuation which was present in the skipjack indices of density is not as pronounced in the indices of density of the combined data. There is still, however, a tendency for the higher values of the unweighted index to occur in the last half of the year. The higher values of the weighted index tend to occur in the middle of the year. The average quarterly values of the two indices are shown in Table 9 and in Figure 16. The ascending order of magnitude of the average quarters of the unweighted index is as follows: first, fourth, second, third. For the weighted index the order is the same except that the second and third quarters are reversed.

The weighted index is slightly less variable than the unweighted index. The respective coefficients of variation are 0.296 and 0.276. These values are considerably lower than the corresponding values from the separate yellowfin and skipjack data.

Most of the more prominent fluctuations in the indices of density of the combined species occur in the same quarters as do the outstanding peaks and low points of the indices of the separate species. The peak in the unweighted index in the third quarter of 1951 was due to the previously described peak in the unweighted index of yellowfin. The low point in the first quarter of 1952 occurred when the unweighted indices of both species were low. The peak in the fourth quarter of 1954 resulted from a peak in the skipjack index, and the peak in the fourth quarter of 1955 resulted from the unweighted indices of both species being at moderately high levels in the same quarter. The peaks in the second and third quarters of 1959 are associated with the record high values of the skipjack unweighted index which have been described previously.

The high and low points of the weighted index have a similar relationship to the fluctuations of the indices of the individual species. The peaks in the second and third quarters of 1951 are associated with the high values of the weighted index of yellowfin. In the first quarter of 1953, the weighted indices of both species were at a low level and the weighted

index of the two species combined dropped to the lowest point of the nine-year series. A peak occurred in the second quarter of 1955 which was primarily due to a peak in the yellowfin weighted index. The high values of the weighted index from the third quarter of 1955 to the third quarter of 1956 were the result of the weighted indices of both of the separate species being at above average levels during the same period. A similar situation caused the peak in the weighted index in the third quarter of 1959.

The indices of density of the combined species were recalculated after elimination of the one-degree areas which received less than five-logged-day's effort in a quarter (Figure 14). The unweighted index is changed very little by elimination except for an average increase of three per cent. The coefficient of variation is increased slightly, from 0.296 to 0.301. The elimination of one-degree areas at the five-logged-day level caused a far greater increase in the weighted index than in the unweighted and the quarter-to-quarter variation was somewhat altered. The index is increased by an average of 41 per cent and there is a tendency for peaks to occur one quarter later. The coefficient of variation is increased very slightly from 0.276 to 0.278.

The nine-year averages of the indices of density for each quarter of the year, after elimination, are shown in Table 9 and Figure 16. The average values of the unweighted index are changed very little by elimination; the fourth quarter average is slightly higher than the second quarter while the opposite was the case before elimination. The ascending order of magnitude of the weighted index is changed from first, fourth, third, second, to first, fourth, second, third. More one-degree areas tend to be eliminated in the last half of the year than in the first half and there is, therefore, a proportionately greater increase in the index in the last half of the year.

Quarterly variation in the concentration index

The plot of the concentration index of the yellowfin and skipjack combined is shown in Figure 17. The solid line, representing the data before elimination will be discussed first. The index of concentration displays variation over a fairly narrow range of values (1.14 to 3.10). With a coefficient of variation of 0.239, the combined concentration index is less variable than either of the indices of density, or the concentration indices of either of the separate species.

The 1951-1959 averages of the concentration index for each quarter of the year are shown in Table 9 and Figure 15. From lowest to highest they fall into the following order: second, first, third, fourth.

In 1951 the concentration index of the combined species paralleled the yellowfin concentration index. In the last half of the year the skipjack index declined to a very low level while the combined and the yellowfin indices increased sharply, indicating that the concentration of effort was affected more by the distribution of yellowfin than skipjack.

In 1952 and 1953 there is little evidence to indicate that effort was concentrated primarily on either species at the expense of the other. In 1952:4, when a moderate peak occurred, the indices of the separate species and that of the combined species were all similar.

In the first quarter of 1954, a peak occurred which was mainly brought about by the high catch-per-standardized-day's-fishing for yellowfin on the 14 fathom spot. In the fourth quarter the combined index reached its high point of the nine-year series, largely due to exceptional skipjack catches on Guayaquil Bank and Ridge.

In 1955 and the first half of 1956, the combined index, and those of the separate species, displayed the same fluctuations and remained quite similar, indicating that the fleet was concentrating its effort without discrimination between the two species.

The concentration index of yellowfin, in general, declined and that of skipjack increased during the period of the warm water regime from the last half of 1957 through the first half of 1959. The combined concentration index was intermediate to those of the separate species and its pattern of fluctuation conformed to that of the skipjack index.

The elimination of one-degree areas which received less than five-logged-day's effort reduced the concentration index by an average of 28 per cent, due to the proportionately greater increase in the weighted index of density as compared to the unweighted index. The coefficient of variation was reduced from 0.239 to 0.180. The quarter-to-quarter variation was not substantially changed. There is a slight tendency for the high points of the curve to occur a quarter earlier and the low points a quarter later. As in the case of the skipjack concentration index, the high values were reduced to a greater extent than the low values. This is illustrated by the change in the four average quarters. The third and fourth quarters, which had the highest values before elimination, were reduced 32 and 33 per cent respectively. The first and second quarters were reduced 22 and 24 per cent by elimination.

Relationship between the weighted and unweighted indices of density

The relationship between the weighted and unweighted indices of density was examined by means of regression analysis. The methods used were those described in the section on skipjack. The plot of the quarterly values of the unweighted index against those of the weighted index is shown in Figure 18. As stated previously, the variances of the grouped Y values were not homogeneous for the data of either of the separate species and the standard deviations tended to increase with the increase in X . Therefore, the formula

$$b = \Sigma (Y/X) / N$$

was used to compute the slope of the line. In the case of the combined

data, the variances appear to be nearly homogeneous and the formula

$$b = \Sigma XY / \Sigma X^2$$

would be more appropriate. There is, however, little difference between the slopes computed by the two formulae (1.889 and 1.810); therefore, in order to obtain directly comparable results, the Y/X ratio method was used.

The slope of the line, computed by the formula

$$b = \Sigma (Y/X) / N$$

is 1.889; this is also the mean concentration index. The 95 per cent confidence limits are given by the slopes 1.736 and 2.042 (± 8 per cent of b). The 95 per cent confidence limits of the individual Y values are given by the slopes 0.971 and 2.807 or ± 49 per cent of b . The correlation coefficient between the two indices (0.636) is significant at the 99 per cent confidence level.

These calculations were repeated using annual average values, and for both quarterly and annual values with the coordinates reversed. The regression coefficients, slopes of the 95 per cent fiducial limits, and correlation coefficients are shown in Table 10.

The effect of the elimination of one-degree areas at the five-logged-day level may be summarized as follows: The regression coefficient was lowered to 1.361. The 95 per cent fiducial limits were narrowed somewhat (± 6 per cent of b) as were the limits of the individual Y values (± 37 per cent of b). The correlation coefficient was increased to 0.825**. The values obtained after reversal of coordinates and from the annual averages are also shown in Table 10.

Relationship between the indices of density and concentration and the number of exploited one-degree areas

The relationship between the concentration index and the number of exploited one-degree areas was examined using the combined species data, employing methods that have been described for the individual species. The correlation coefficients for the quarterly and annual data were 0.0516 and 0.262 respectively; neither value being significant at the 95 per cent confidence level. The correlation coefficients are changed from positive to negative by elimination of one-degree areas but are still far from significant. There is no evidence that there is a significant relationship between the spread of the fishery and the success of concentration of effort.

The relationship between the indices of density and the number of exploited one-degree areas was also examined. The correlation coefficient between the quarterly values of the weighted index and the number of exploited one-degree areas is -0.443^{**} . With annual averages the coefficient becomes -0.789^{*} . After elimination the quarterly coefficient is -0.518^{**} and the annual coefficient is -0.713^{*} .

When the unweighted index is substituted for the weighted, the quarterly correlation coefficient, before elimination, is -0.424^{**} and the annual is -0.572 , which is not significant at the 95 per cent level with seven degrees of freedom. After elimination, these values became -0.516^{**} and -0.695^{*} .

These data seem to indicate that there is a significant negative relationship between the number of exploited one-degree areas and the indices of density; as the catch-per-unit-of-effort declines, searching activity is increased.

The quarterly and annual correlation coefficients between the one-degree areas and the indices of density and concentration are listed in Table 11.

Relationship between the indices of density and concentration of yellowfin and skipjack

Examination of the quarterly fluctuations of the indices of density and concentration of yellowfin and skipjack suggests that, in some quarters, effort was concentrated primarily on one or the other species. Therefore, an attempt was made to ascertain if there was a consistent relationship between the indices of density and concentration of the two species.

The quarterly and annual values of the unweighted index of density of the skipjack were plotted against the corresponding values of yellowfin and the correlation coefficients computed. The coefficients, both quarterly and annual, were negative but did not approach the 95 per cent level of significance. The elimination of one-degree areas at the five-logged-day level did not substantially change the values of these coefficients. A significant negative correlation was obtained (-0.577^{*}), however, when all quarters from the three-year series 1956-1958 were compared. This was the only series of consecutive quarters which yielded a significant correlation.

The weighted indices of the two species were examined in the same manner. In this case all of the correlation coefficients were positive. The correlation coefficient between the quarterly values of the weighted indices of the two species, before elimination, was 0.322 . This is only slightly below the 95 per cent level of significance with 34 degrees of freedom. The correlation coefficient obtained from the annual data did not approach significance. Neither the quarterly nor annual coefficients, after elimination, approached significant values.

The quarterly and annual correlation coefficients between the concentration indices of yellowfin and skipjack, before elimination, were negative and not significant. After elimination, the quarterly correlation coefficient was also negative and not significant. The correlation coefficient between the annual average values, however, was -0.748 ; significant at

the 95 per cent level with seven degrees of freedom. This provides some evidence that the concentration indices of the two species are inversely related. The majority of the evidence, however, indicates that, although the indices of density and concentration of the two species may be dependent in some individual quarters, there is not a consistent, significant relationship.

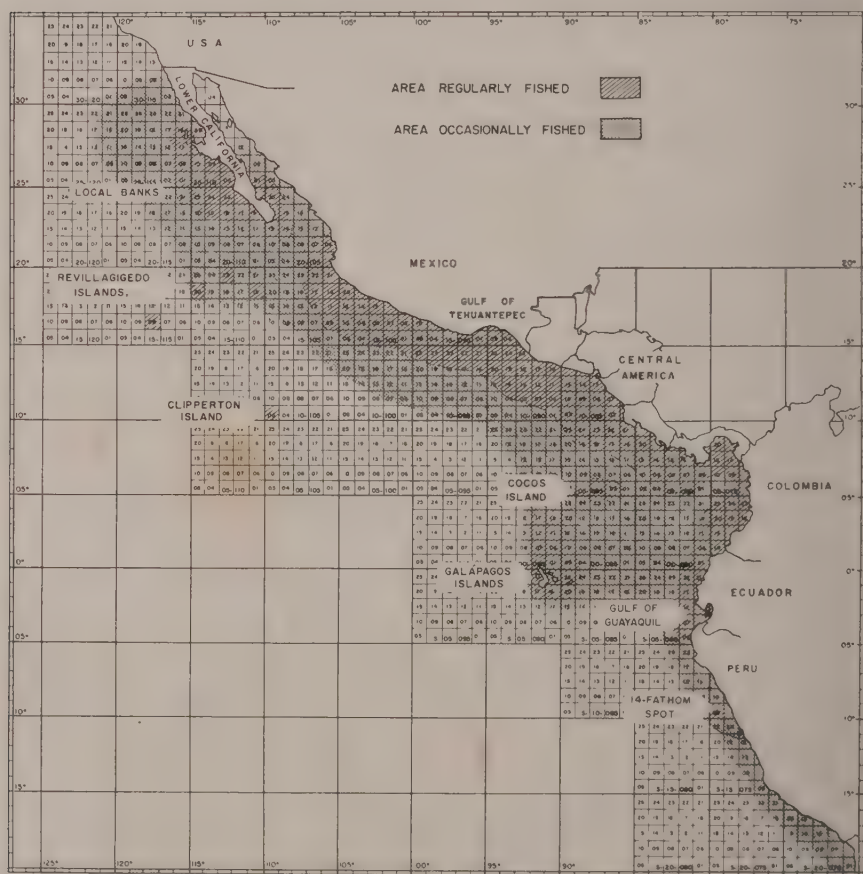


FIGURE 1. The area covered by the fishery and the statistical area numbering system.

FIGURA 1. Areas que cubre la pesquería y sistema estadístico de numeración de las mismas.

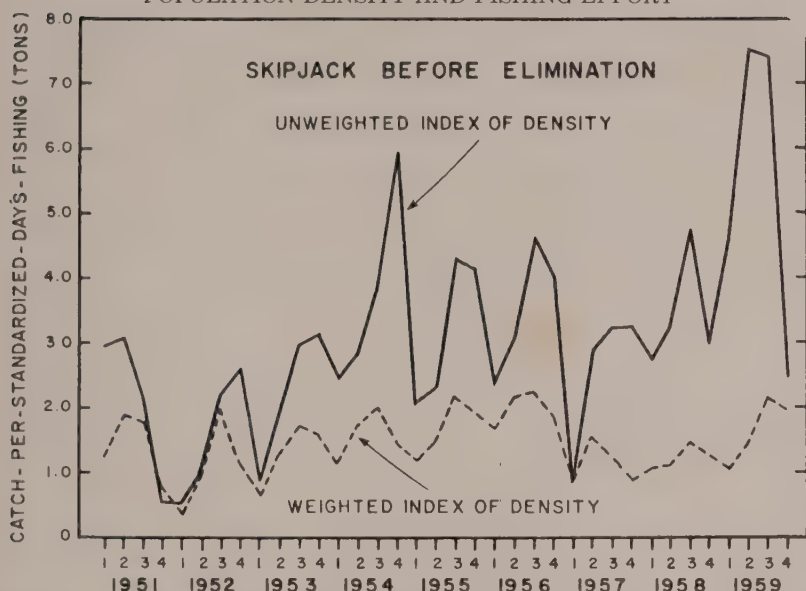


FIGURE 2. Weighted and unweighted indices of density of skipjack, by quarters, 1951-1959, before elimination of lightly exploited areas.

FIGURA 2. Indices de densidad ponderado y no ponderado del barrilete, por trimestres, 1951-1959, antes de la eliminación de las áreas ligeramente explotadas.

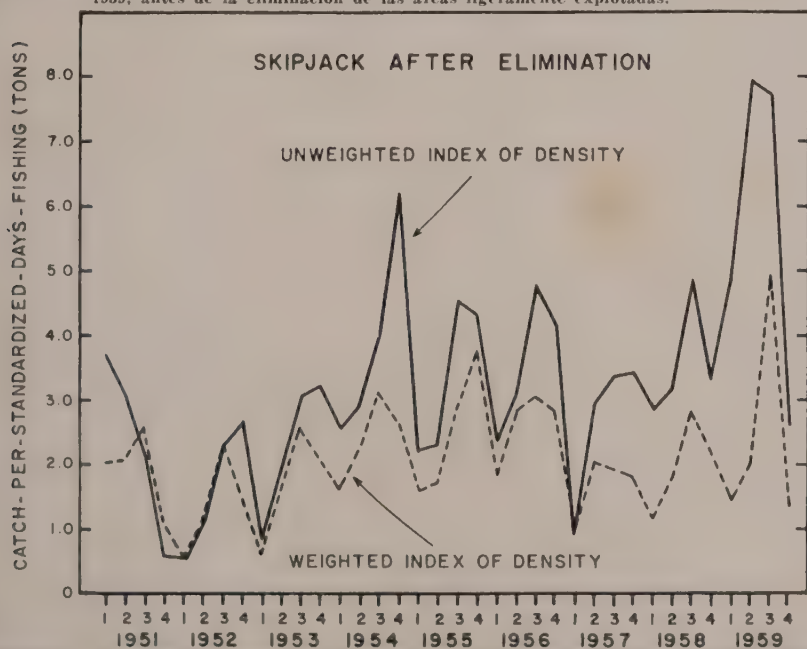


FIGURE 3. Weighted and unweighted indices of density of skipjack, by quarters, 1951-1959, after elimination of lightly exploited areas.

FIGURA 3. Indices de densidad ponderado y no ponderado del barrilete, por trimestres, 1951-1959, después de la eliminación de las áreas ligeramente explotadas.

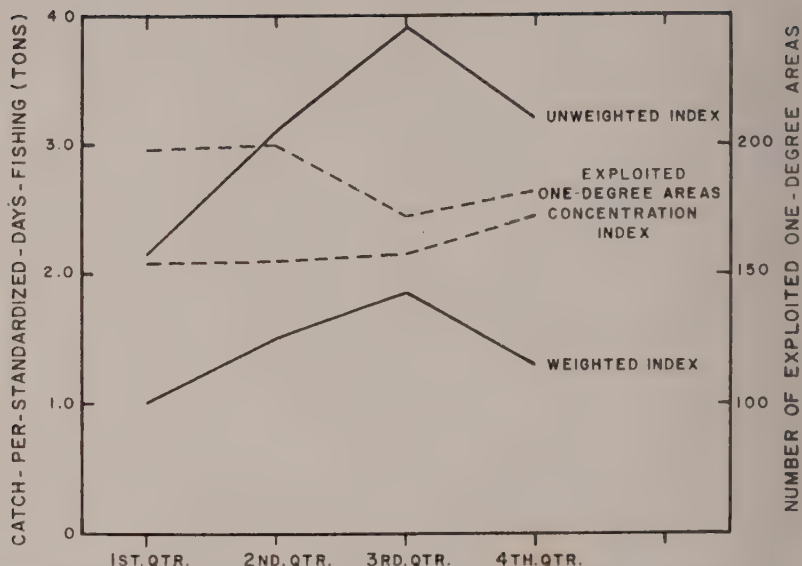


FIGURE 4. Quarterly averages of the indices of density and concentration of skipjack, and number of exploited one-degree areas, 1951-1959, before elimination.

FIGURA 4. Promedios trimestrales de los índices de densidad y de concentración del barrilete, y número de áreas de un grado explotadas, 1951-1959, antes de la eliminación.

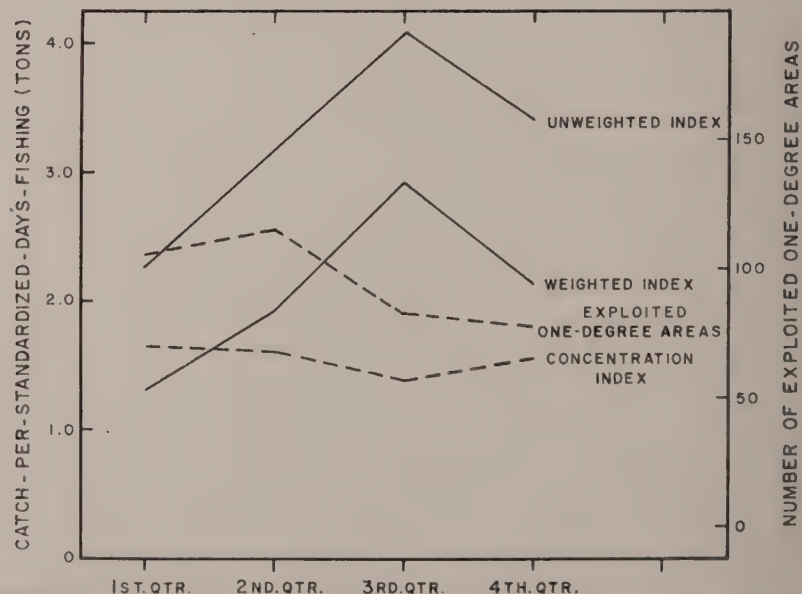


FIGURE 5. Quarterly averages of the indices of density and concentration of skipjack, and number of exploited one-degree areas, 1951-1959, after elimination.

FIGURA 5. Promedios trimestrales de los índices de densidad y de concentración del barrilete, y número de áreas de un grado explotadas, 1951-1959, después de la eliminación.

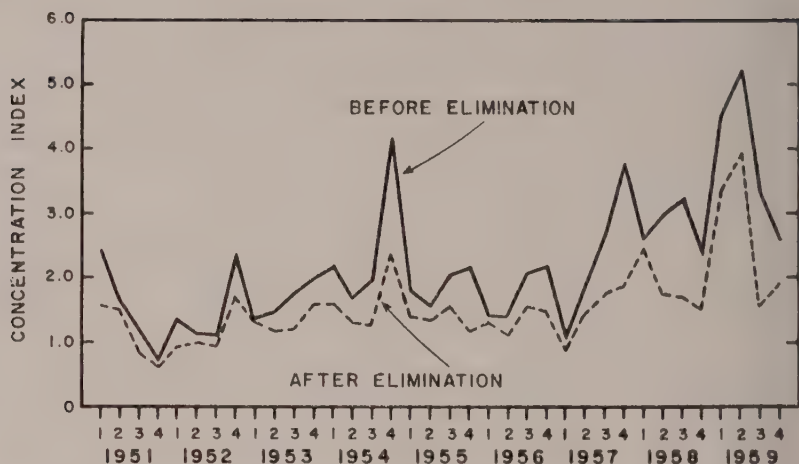


FIGURE 8. Skipjack index of concentration of effort by quarters, 1951-1959.

FIGURA 8. Índice de la concentración del esfuerzo sobre el barrilete, por trimestres, 1951-1959.

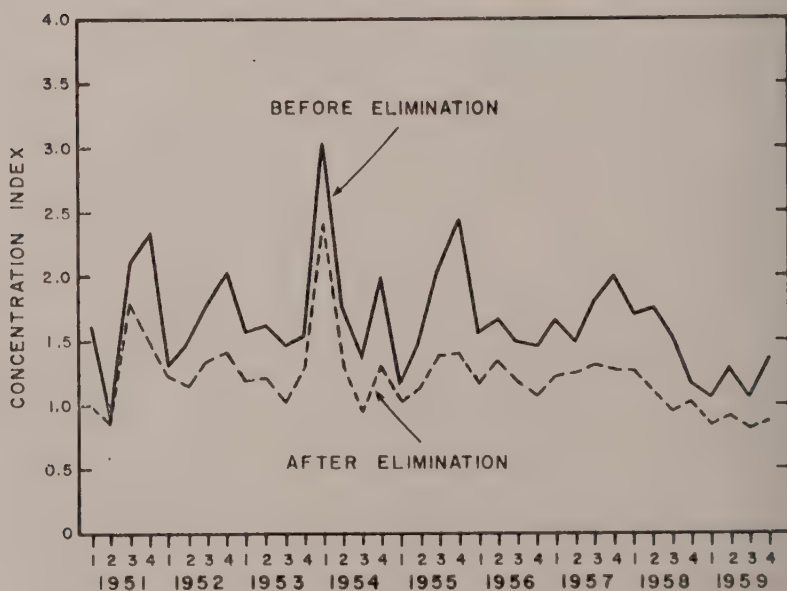


FIGURE 9. Yellowfin index of concentration of effort by quarters, 1951-1959.

FIGURA 9. Índice de la concentración del esfuerzo sobre el atún aleta amarilla, por trimestres, 1951-1959.

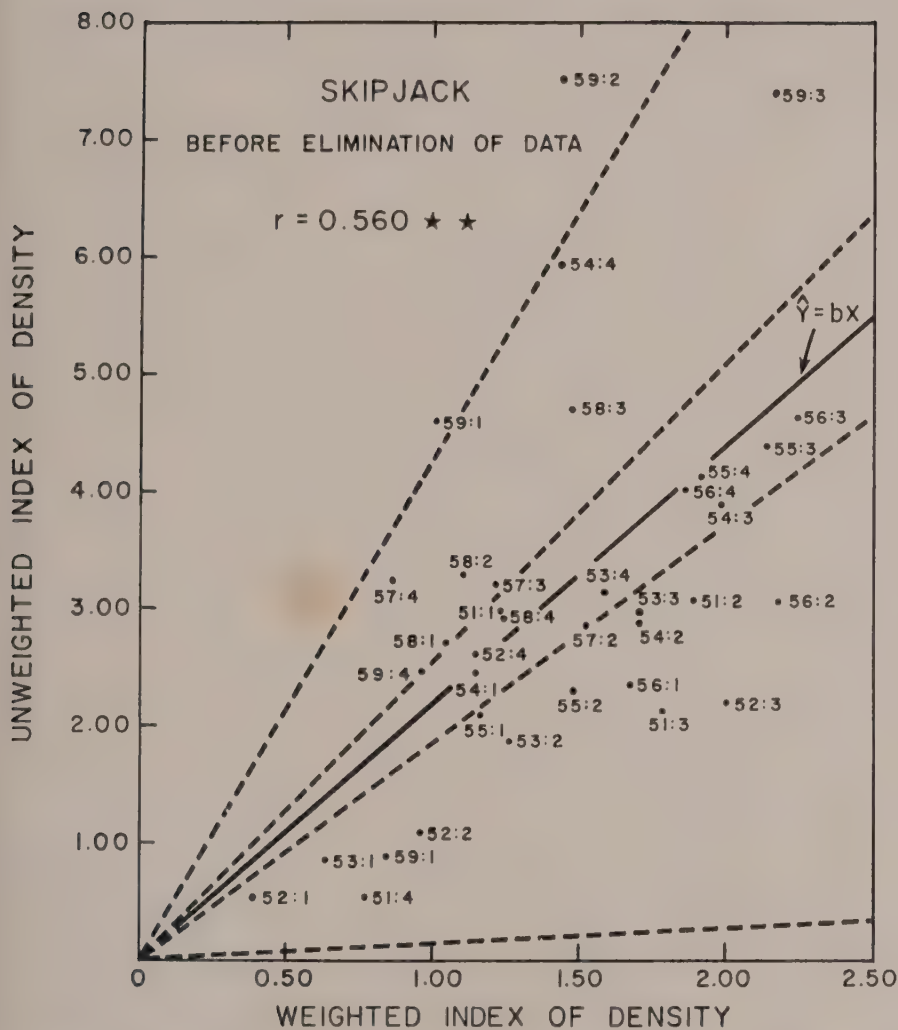


FIGURE 10. Regression of unweighted index of density on weighted index of density of skipjack before elimination of one-degree areas at the five-logged-day level, by quarters, 1951-1959. Inner broken lines are the 95% confidence limits of the regression. Outer broken lines are the 95% confidence limits of the individual Y values.

FIGURA 10. Regresión del índice de densidad no ponderado sobre el índice de densidad ponderado del barrilete, antes de la eliminación de las áreas de un grado al nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora, por trimestres, 1951-1959. Las líneas interiores interrumpidas son el 95 por ciento de los límites de confianza de la regresión y las exteriores son el 95 por ciento de los límites de confianza de los valores individuales de Y.

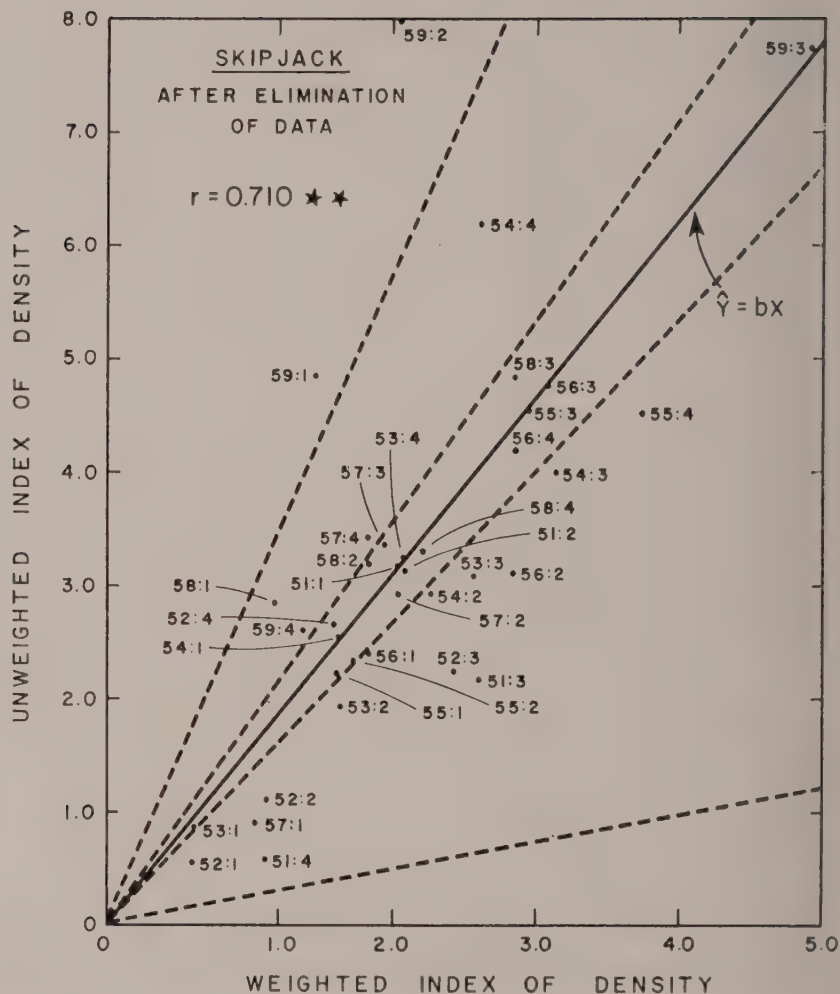


FIGURE 11. Regression of unweighted index of density on weighted index of density of skipjack after elimination of one-degree areas at the five-logged-day level, by quarters, 1951-1959. Inner broken lines are the 95% confidence limits of the regression. Outer broken lines are the 95% confidence limits of the individual Y values.

FIGURA 11. Regresión del índice de densidad no ponderado sobre el índice de densidad ponderado del barrilete, después de la eliminación de las áreas de un grado al nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora, por trimestres, 1951-1959. Las líneas interiores interrumpidas son el 95 por ciento de los límites de confianza de la regresión y las exteriores son el 95 por ciento de los límites de confianza de los valores individuales de Y.

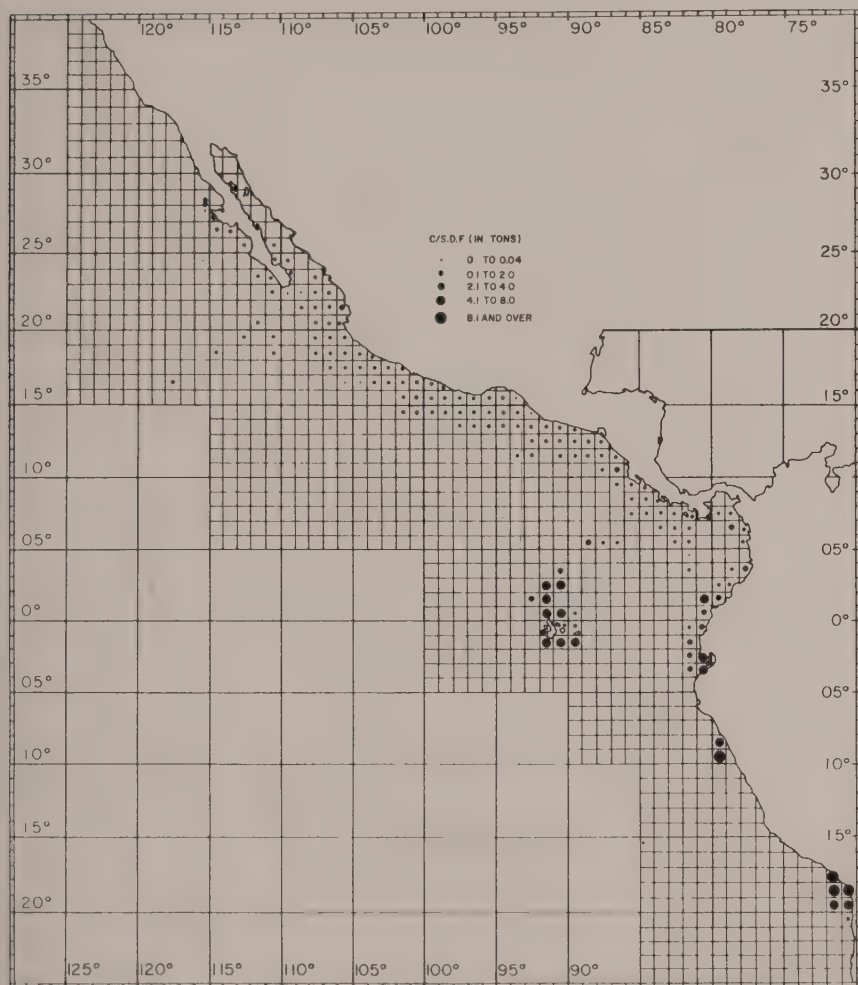


FIGURE 12a. Distribution of the average catch-per-standardized-day's-fishing of skipjack in the first quarter for the years 1951-1959, after elimination of lightly exploited one-degree areas.

FIGURA 12a. Distribución de la captura promedio de barrilete por día estandarizado de actividad en el primer trimestre de los años 1951-1958, después de la eliminación de las áreas de un grado ligeramente explotadas.

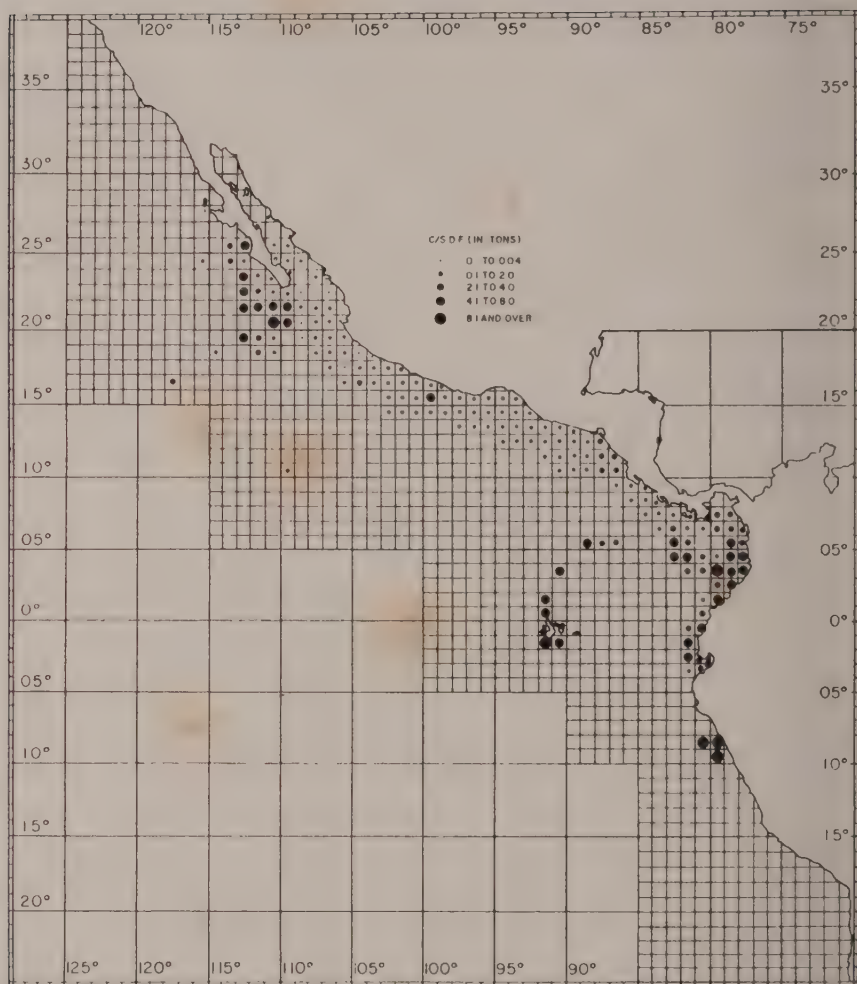


FIGURE 12b. Distribution of the average catch-per-standardized-day's-fishing of skipjack in the second quarter for the years 1951-1959, after elimination of lightly exploited one-degree areas.

FIGURA 12b. Distribución de la captura promedio de barrilete por día estandarizado de actividad en el segundo trimestre de los años 1951-1959, después de la eliminación de las áreas de un grado ligeramente explotadas.

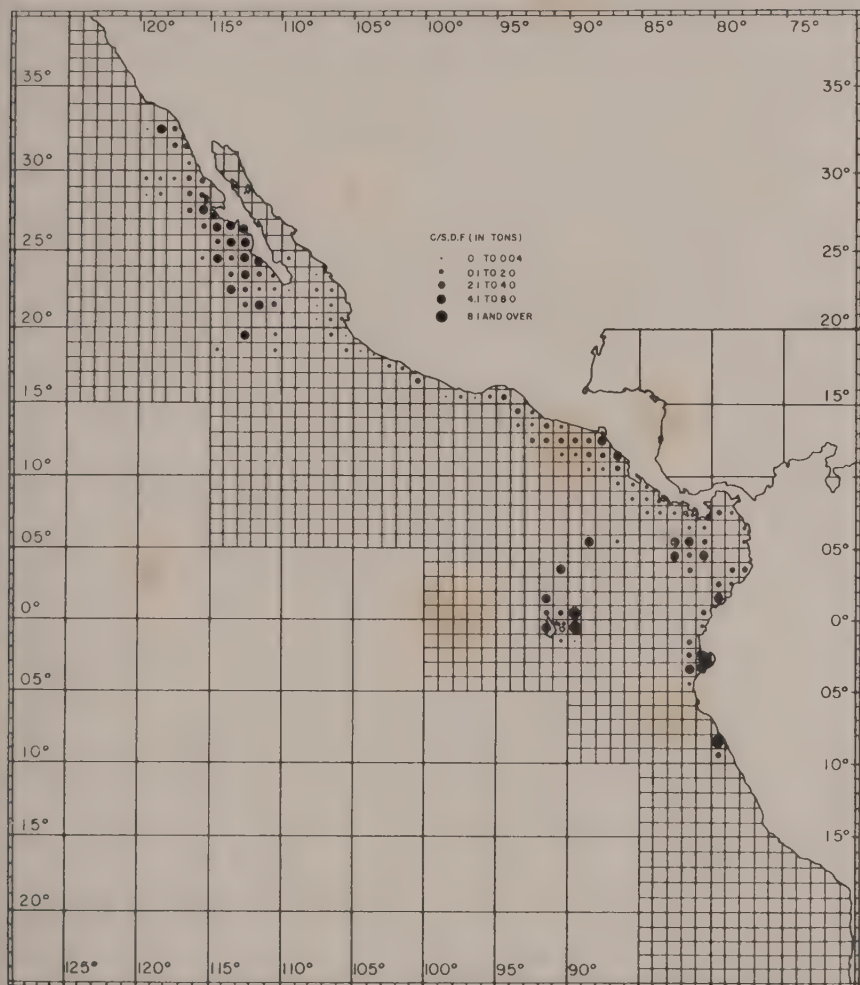


FIGURE 12c. Distribution of the average catch-per-standardized-day's-fishing of skipjack in the third quarter for the years 1951-1959, after elimination of lightly exploited one-degree areas.

FIGURA 12c. Distribución de la captura promedio de barrilete por día estandarizado de actividad en el tercer trimestre de los años 1951-1959, después de la eliminación de las áreas de un grado ligeramente explotadas.

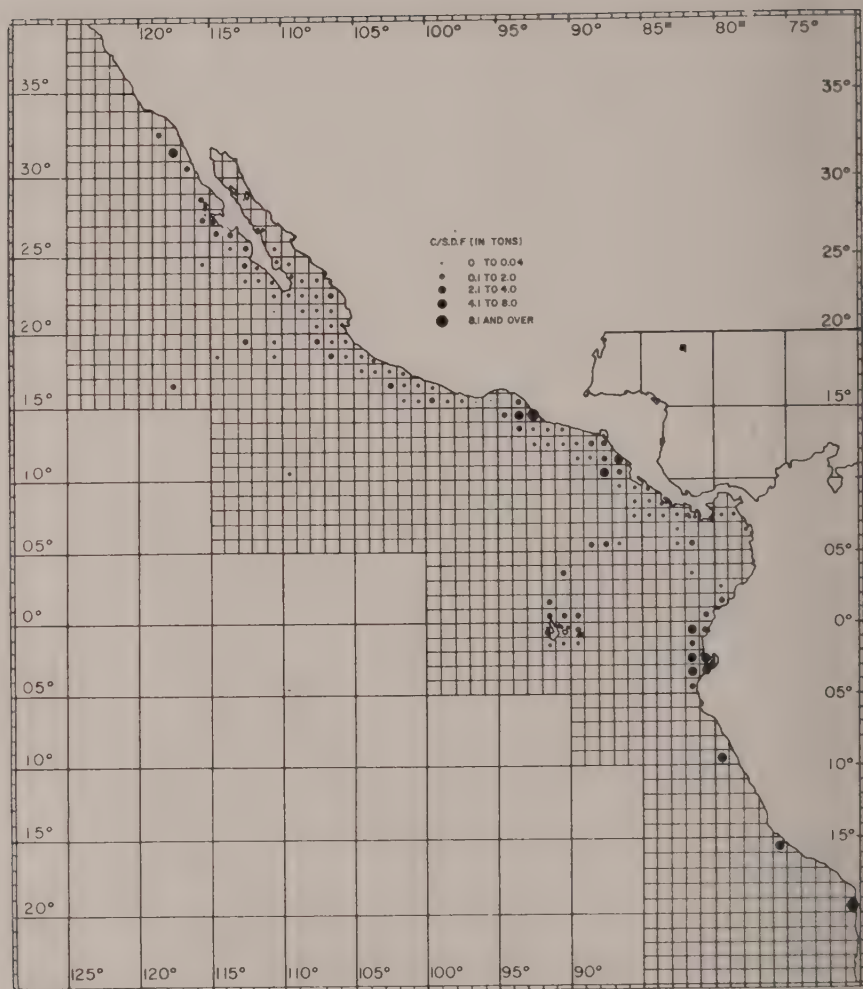


FIGURE 12d. Distribution of the average catch-per-standardized-day's-fishing of skipjack in the fourth quarter for the years 1951-1959, after elimination of lightly exploited one-degree areas.

FIGURA 12d. Distribución de la captura promedio de barrilete por día estandarizado de actividad en el cuarto trimestre de los años 1951-1959, después de la eliminación de las áreas de un grado ligeramente explotadas.

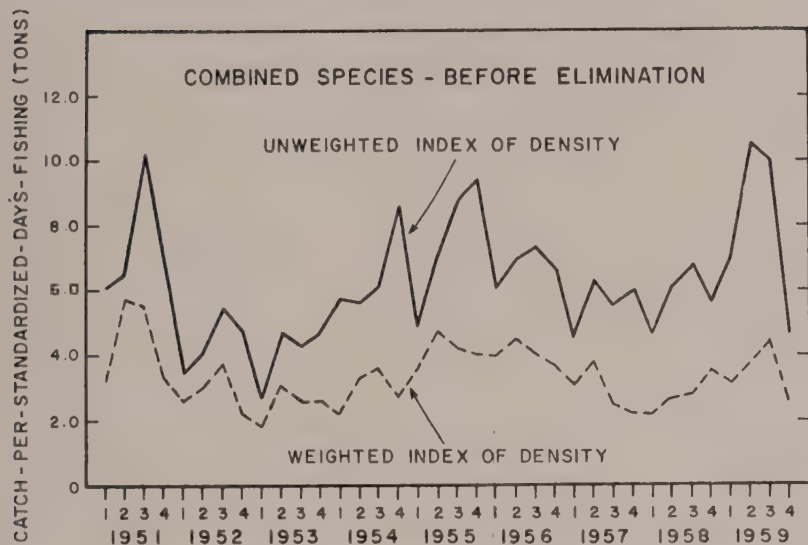


FIGURE 13. Weighted and unweighted indices of density of combined species, by quarter, 1951-1959, before elimination of lightly exploited areas.

FIGURA 13. Índices de densidad ponderado y no ponderado de las especies combinadas, por trimestres, 1951-1959, antes de la eliminación de las áreas ligeramente explotadas.

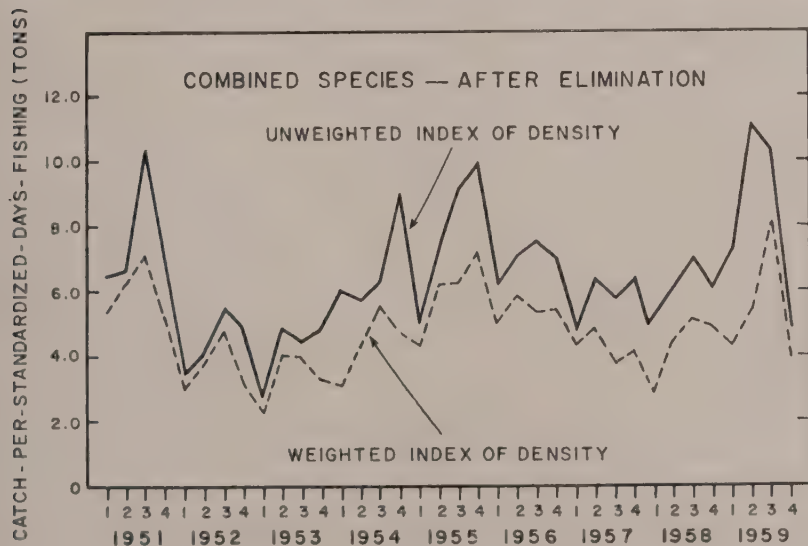


FIGURE 14. Weighted and unweighted indices of density of combined species, by quarter, 1951-1959, after elimination of lightly exploited areas.

FIGURA 14. Índices de densidad ponderado y no ponderado de las especies combinadas, por trimestres, 1951-1959, después de la eliminación de las áreas ligeramente explotadas.

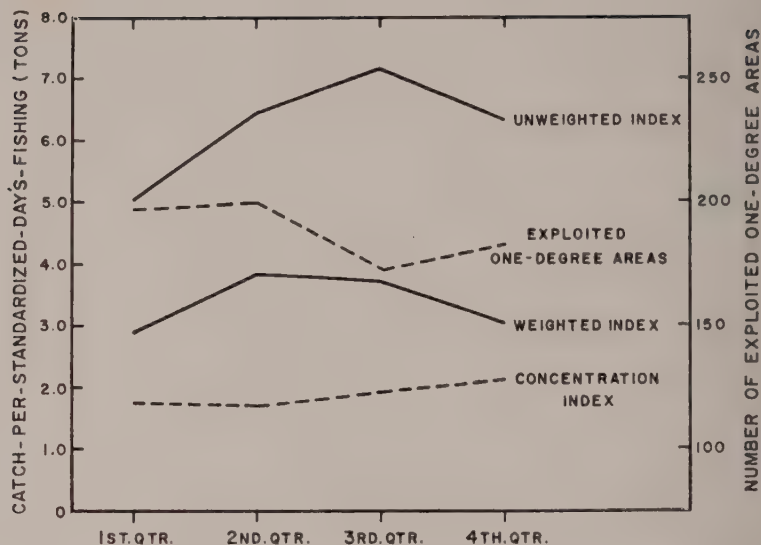


FIGURE 15. Quarterly averages of the indices of density and concentration of combined species, and number of exploited one-degree areas, 1951-1959, before elimination.

FIGURA 15. Promedios trimestrales de los índices de densidad y de concentración de las especies combinadas, y número de áreas de un grado explotadas, 1951-1959, antes de la eliminación.

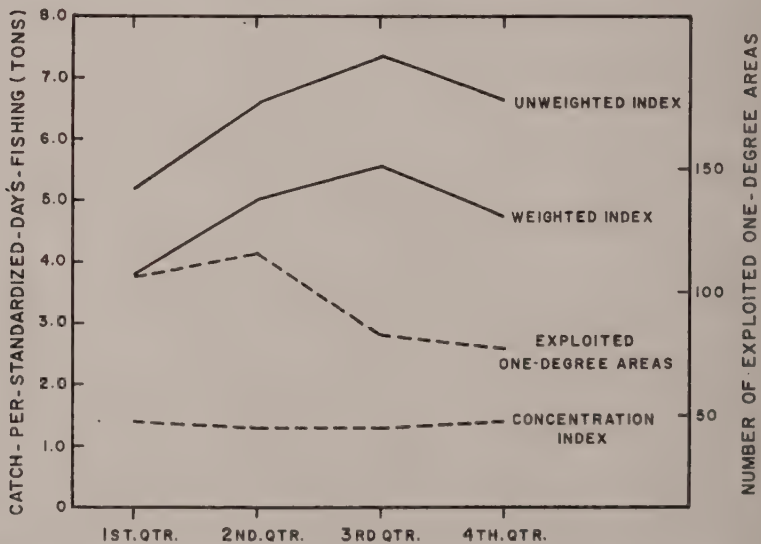


FIGURE 16. Quarterly averages of the indices of density and concentration of combined species, and number of exploited one-degree areas, 1951-1959, after elimination.

FIGURA 16. Promedios trimestrales de los índices de densidad y de concentración de las especies combinadas, y número de áreas de un grado explotadas, 1951-1959, después de la eliminación.

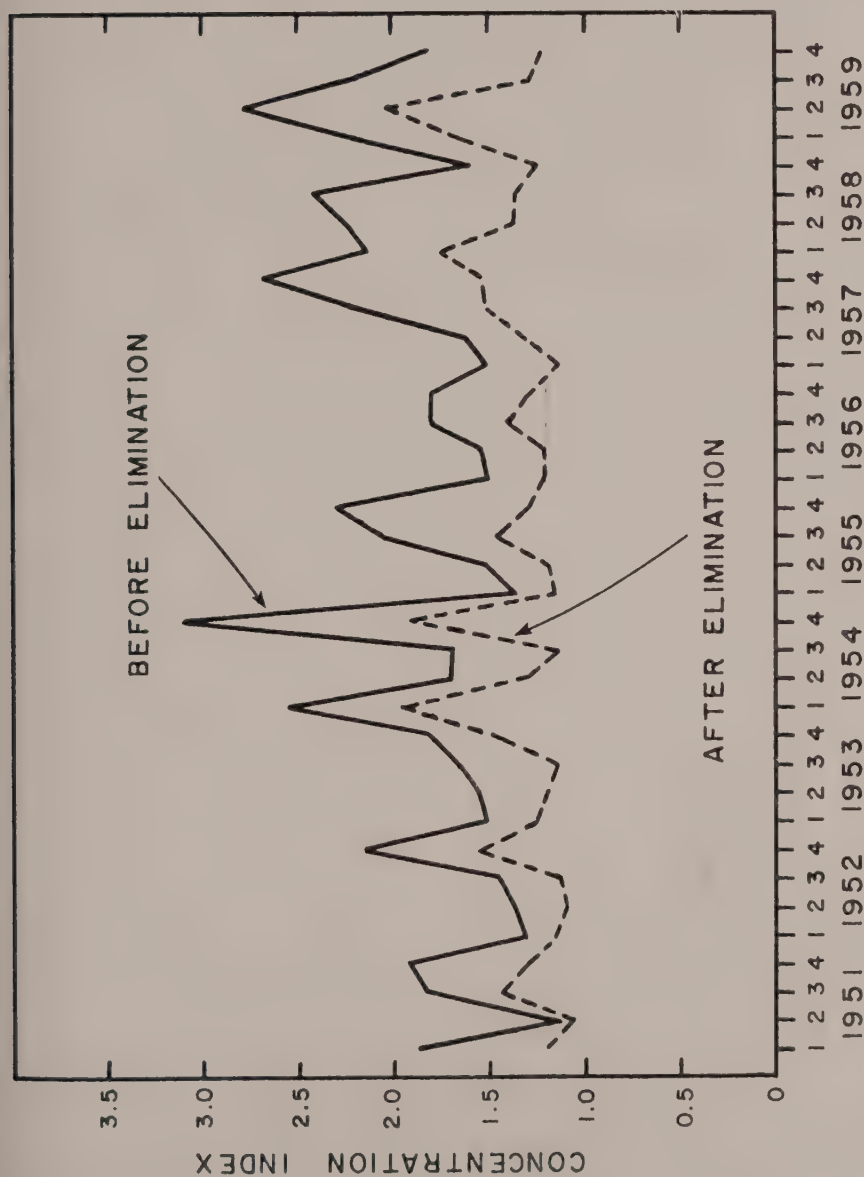


FIGURE 17. Combined species index of concentration of effort, by quarters 1951-1959.

FIGURA 17. Índice de la concentración del esfuerzo sobre las dos especies combinadas, por trimestres, 1951-1959.

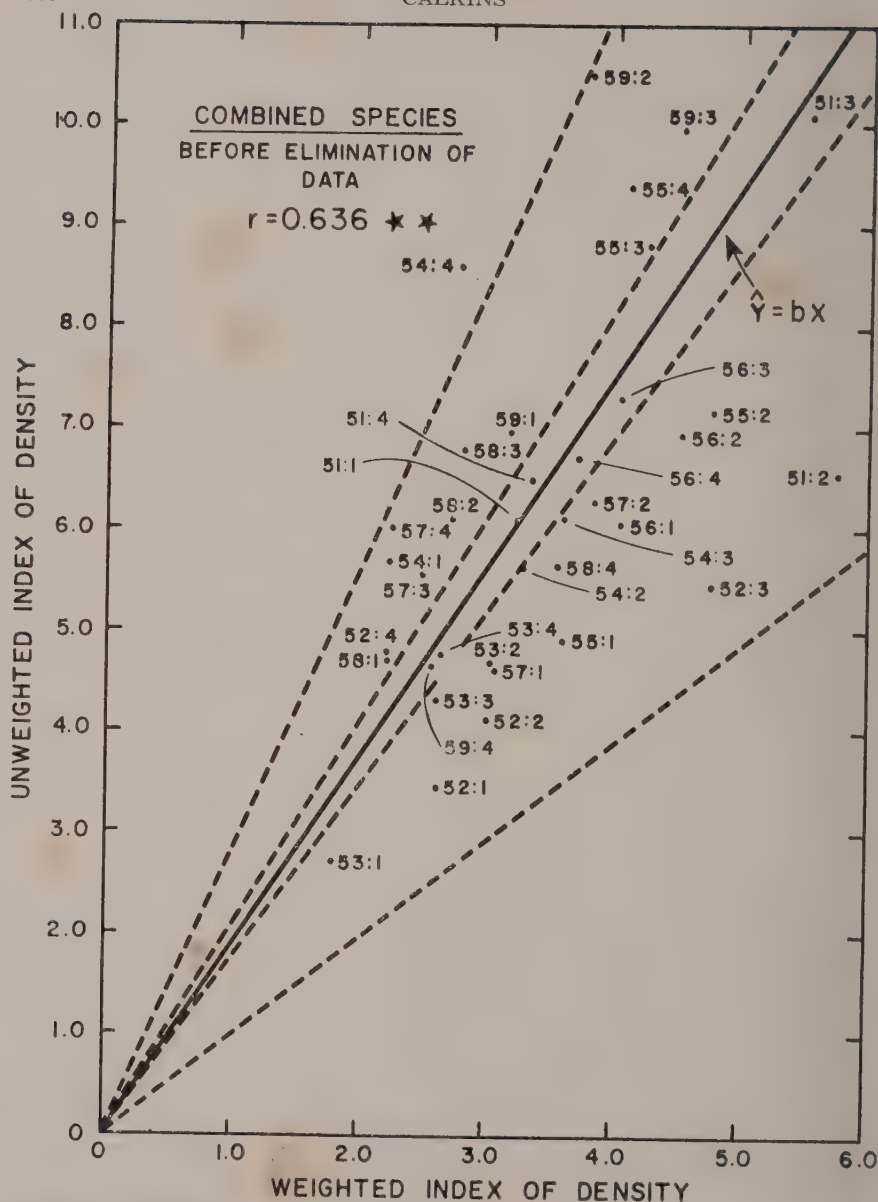


FIGURE 18. Regression of unweighted index of density on weighted index of density of combined species before elimination of one-degree areas at the five-logged-day level, by quarters, 1951-1959. Inner broken lines are the 95% confidence limits of the regression. Outer broken lines are the 95% confidence limits of the individual Y values.

FIGURA 18. Regresión del índice de densidad no ponderado sobre el índice de densidad ponderado de las especies combinadas, antes de la eliminación de las áreas de un grado al nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora, por trimestres, 1951-1959. Las líneas interiores interrumpidas son el 95 por ciento de los límites de confianza de la regresión y las exteriores son el 95 por ciento de los límites de confianza de los valores individuales de Y.

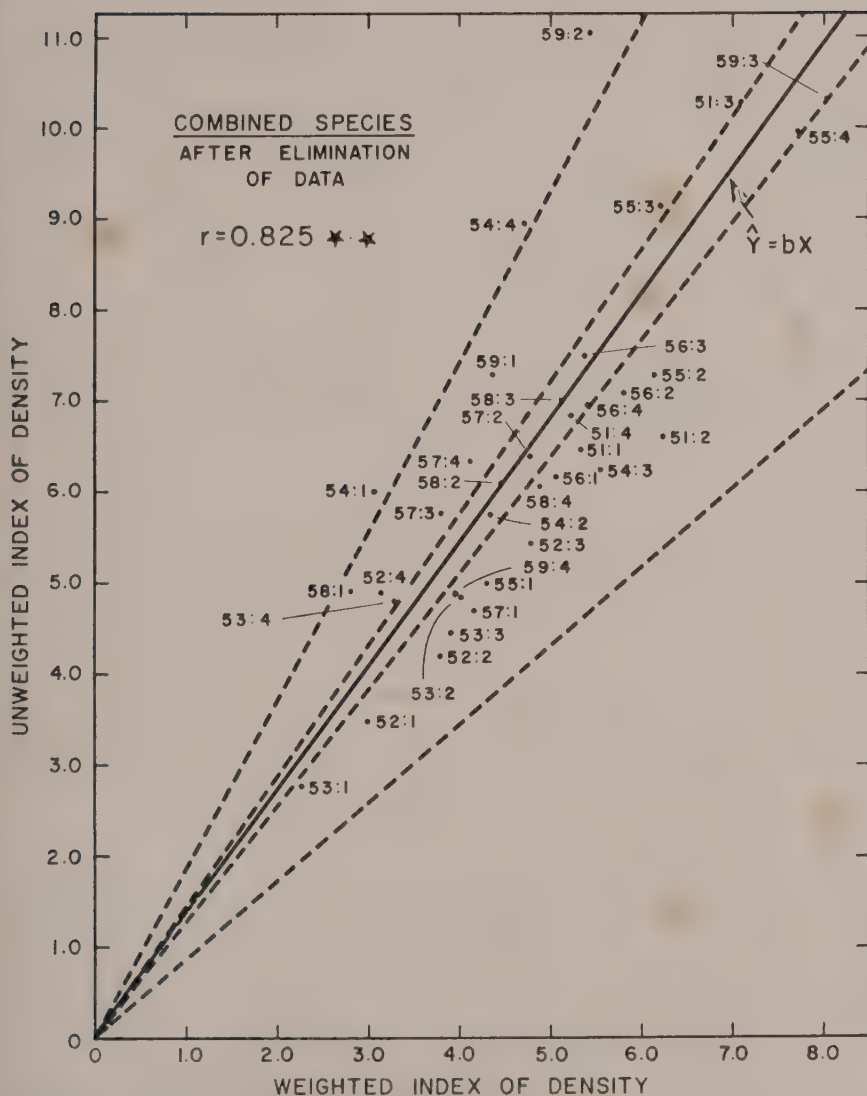


FIGURE 19. Regression of unweighted index of density on weighted index of density of combined species after elimination of one-degree areas at the five-logged-day level, by quarters, 1951-1959. Inner broken lines are the 95% confidence limits of the regression. Outer broken lines are the 95% confidence limits of the individual Y values.

FIGURA 19. Regresión del índice de densidad no ponderado sobre el índice de densidad ponderado de las especies combinadas después de la eliminación de las áreas de un grado al nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora, por trimestres, 1951-1959. Las líneas interiores interrumpidas son el 95 por ciento de los límites de confianza de la regresión y las exteriores son el 95 por ciento de los límites de confianza de los valores individuales de Y.

TABLE 1. Skipjack data before elimination of one-degree areas with less than five-logged-day's effort per quarter.

TABLE 1. Datos del barrilete antes de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados, por trimestre.

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c/s.d.f. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Índice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Índice de densidad ponderado F/G	Índice de concentración E/H
1951	1	2,585	890	2.90	117.0	95	1.23	2.36
	2	17,473	5,651	3.09	345.2	183	1.89	1.63
	3	7,986	3,740	2.14	268.2	151	1.78	1.20
	4	889	1,635	0.54	92.1	119	0.77	0.70
Total		28,933	11,916	2.17* (2.43)	—	137*	1.42*	1.47*
1952	1	2,560	4,786	0.53	68.7	176	0.39	1.36
	2	6,429	5,899	1.09	192.1	201	0.96	1.14
	3	12,816	5,707	2.24	336.3	168	2.00	1.12
	4	12,779	4,880	2.62	191.7	168	1.14	2.30
Total		34,584	21,272	1.62* (1.63)	—	178*	1.12*	1.48*
1953	1	3,737	4,364	0.86	124.1	197	0.63	1.37
	2	11,529	6,151	1.87	267.9	215	1.26	1.48
	3	15,961	5,366	2.97	345.7	203	1.70	1.75
	4	15,671	4,970	3.13	399.1	253	1.58	1.98
Total		46,898	20,851	2.21* (2.25)	—	217*	1.29*	1.65*
1954	1	8,849	3,624	2.45	297.5	260	1.14	2.15
	2	15,705	5,439	2.89	352.6	208	1.70	1.70
	3	19,729	5,054	3.91	334.3	169	1.98	1.97
	4	18,398	3,102	5.93	245.9	172	1.43	4.15
Total		62,681	17,219	3.80* (3.64)	—	202*	1.56*	2.49*
1955	1	7,985	3,832	2.08	218.0	188	1.16	1.79
	2	6,259	2,722	2.30	232.1	157	1.48	1.55
	3	14,762	3,361	4.39	386.9	181	2.14	2.05
	4	7,834	1,904	4.11	265.9	139	1.91	2.15
Total		36,840	11,819	3.22* (3.12)	—	166*	1.67*	1.89*

TABLE 1. (Continued)

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c.s.d.f. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Índice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Índice de densidad ponderado F/G	Índice de concentración E/H
1956	1	11,421	4,854	2.35	335.1	201	1.67	1.41
	2	12,518	4,093	3.06	421.1	193	2.18	1.40
	3	17,535	3,790	4.63	461.8	206	2.24	2.07
	4	14,184	3,528	4.02	332.7	179	1.86	2.16
Total		55,658	16,265	3.52* (3.42)	—	195*	1.99*	1.76*
1957	1	3,770	4,218	0.89	159.0	190	0.84	1.06
	2	14,853	5,202	2.86	347.2	228	1.52	1.88
	3	12,974	4,023	3.22	249.0	206	1.21	2.66
	4	12,891	3,989	3.23	198.1	231	0.86	3.76
Total		44,488	17,432	2.55* (2.55)	—	204*	1.11*	2.34*
1958	1	11,671	4,296	2.72	277.5	268	1.04	2.62
	2	17,058	5,203	3.28	240.6	219	1.10	2.98
	3	19,167	4,080	4.70	256.7	175	1.47	3.20
	4	13,928	4,742	2.94	218.4	176	1.24	2.37
Total		61,824	18,321	3.41* (3.37)	—	210*	1.21*	2.79*
1959	1	14,493	3,152	4.60	199.7	198	1.01	4.55
	2	19,478	2,595	7.51	279.7	194	1.44	5.22
	3	14,430	1,948	7.41	220.3	102	2.16	3.43
	4	8,096	3,287	2.46	202.5	211	0.96	2.56
Total		56,497	10,982	5.50* (5.14)	—	176*	1.39*	3.94*

* = Average of quarterly values

* = Promedio de los valores trimestrales

(—) from annual totals

(—) de los totales anuales

TABLE 2. Skipjack data after elimination of one-degree areas with less than five-logged-day's effort per quarter.
 TABLA 2. Datos del barrilete después de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados, por trimestre.

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c/s.d.f. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Índice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Índice de densidad ponderado F/G	Índice de concentración E/H
1951	1	2,508	792	3.17	78.8	39	2.02	1.57
	2	17,332	5,533	3.13	260.1	125	2.08	1.50
	3	7,865	3,625	2.17	194.3	75	2.59	0.84
	4	875	1,512	0.58	45.7	41	1.11	0.52
Total		28,580	11,462	2.26* (2.49)		70*	1.95*	1.11*
1952	1	2,545	4,656	0.55	61.6	104	0.59	0.93
	2	6,371	5,755	1.11	140.8	127	1.11	1.00
	3	12,369	5,529	2.24	203.0	84	2.42	0.93
	4	12,580	4,714	2.67	126.3	80	1.58	1.69
Total		33,865	20,654	1.64* (1.64)		99*	1.43*	1.14*
1953	1	3,601	4,174	0.86	64.2	105	0.61	1.41
	2	11,506	5,951	1.93	211.7	131	1.62	1.19
	3	15,393	5,163	3.08	257.9	101	2.35	1.21
	4	15,149	4,705	3.22	220.0	108	2.04	1.58
Total		46,149	19,993	2.27* (2.31)		111*	1.71*	1.35*
1954	1	8,642	3,370	2.56	192.3	119	1.62	1.58
	2	15,554	5,275	2.95	276.5	123	2.25	1.31
	3	19,657	4,912	4.00	271.9	87	3.13	1.28
	4	18,211	2,938	6.20	175.1	67	2.61	2.38
Total		62,064	16,495	3.93* (3.76)		99*	2.40*	1.64*
1955	1	7,906	3,697	2.23	162.2	102	1.59	1.40
	2	6,100	2,621	2.33	146.5	85	1.72	1.35
	3	14,576	3,197	4.36	236.2	81	2.92	1.56
	4	7,636	1,753	4.36	183.0	49	3.73	1.17
Total		36,218	11,268	3.37* (3.21)		79*	2.49*	1.37*

TABLE 2. (Continued)

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c/s.d.i. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Índice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Índice de densidad ponderado F/G	Índice de concentración E/H
1956	1	11,223	4,717	2.38	231.1	127	1.82	1.31
	2	12,307	3,949	3.12	318.8	113	2.82	1.11
	3	17,219	3,617	4.76	335.6	110	3.05	1.56
	4	14,097	3,365	4.19	267.4	94	2.84	1.48
Total		54,846	15,648	3.61* (3.50)	—	111*	2.63*	1.37*
1957	1	3,680	4,091	0.90	117.3	114	1.03	0.87
	2	14,780	5,052	2.93	292.9	145	2.02	1.45
	3	12,846	3,815	3.37	202.9	105	1.93	1.75
	4	12,827	3,734	3.43	167.2	92	1.82	1.88
Total		44,133	16,692	2.66* (2.64)	—	114*	1.70*	1.49*
1958	1	11,474	4,033	2.85	157.9	135	1.17	2.44
	2	15,820	4,971	3.18	187.2	103	1.82	1.75
	3	18,868	3,889	4.85	178.8	63	2.84	1.71
	4	14,994	4,536	3.31	175.9	80	2.20	1.50
Total		61,156	17,429	3.55* (3.51)	—	95*	2.01*	1.85*
1959	1	14,356	2,954	4.86	153.9	106	1.45	3.35
	2	19,262	2,417	7.97	169.3	83	2.04	3.91
	3	14,362	1,852	7.75	192.0	39	4.92	1.58
	4	7,956	3,053	2.61	118.5	88	1.35	1.93
Total		55,936	10,276	5.80* (5.44)	—	79*	2.44*	2.69*

* = Average of quarterly values

* = Promedio de los valores trimestrales

(—) from annual totals

(—) de los totales anuales

TABLE 3. Skipjack: Quarterly averages of indices of density, concentration index and number of exploited one-degree areas for the period 1951-1959.**TABLA 3.** Barrilete: Promedios trimestrales de los índices de densidad, índice de concentración y número de las áreas de un grado explotadas correspondientes al período 1951-1959.

Before elimination of 1° areas which received less than five-logged-day's effort per quarter.

Antes de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados por trimestre.

	1st Quarter	2nd Quarter	3rd Quarter	4th Quarter
	1°	2°	3°	4°
	Trimestre	Trimestre	Trimestre	Trimestre
Unweighted index of density Índice de densidad no ponderado	2.16	3.11	3.95	3.22
Weighted index of density Índice de densidad ponderado	1.01	1.50	1.85	1.31
Index of concentration Índice de concentración	2.08	2.11	2.16	2.46
Exploited one-degree areas Áreas de un grado explotadas	197	200	173	183

After elimination of 1° areas which received less than five-logged-day's effort per quarter.

Después de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados por trimestre.

	1st Quarter	2nd Quarter	3rd Quarter	4th Quarter
	1°	2°	3°	4°
	Trimestre	Trimestre	Trimestre	Trimestre
Unweighted index of density Índice de densidad no ponderado	2.26	3.18	4.09	3.40
Weighted index of density Índice de densidad ponderado	1.32	1.94	2.93	2.14
Index of concentration Índice de concentración	1.65	1.62	1.38	1.57
Exploited one-degree areas Áreas de un grado explotadas	106	116	83	78

TABLE 4. Yellowfin data *before* elimination of one-degree areas with less than five-logged-day's effort per quarter.**TABLA 4.** Datos del atún aleta amarilla *antes* de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados, por trimestre.

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c.s.d.f. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Índice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Índice de densidad ponderado F/G	Índice de concentración E/H
1951	1	2,844	890	3.20	189.5	95	1.99	1.61
	2	19,564	5,651	3.46	707.2	183	3.86	0.90
	3	29,794	3,740	7.97	565.4	151	3.74	2.13
	4	9,704	1,635	5.94	305.2	119	2.56	2.32
Total		61,906	11,916	5.14* (5.20)	—	137*	3.04*	1.74*
1952	1	13,907	4,786	2.90	390.8	176	2.22	1.31
	2	17,848	5,899	3.02	413.3	201	2.06	1.47
	3	18,287	5,707	3.14	295.2	168	1.76	1.78
	4	10,544	4,880	2.16	180.2	168	1.07	2.02
Total		60,586	21,272	2.81* (2.85)	—	178*	1.78*	1.65*
1953	1	8,087	4,364	1.85	230.5	197	1.17	1.58
	2	17,230	6,151	2.85	380.9	215	1.77	1.61
	3	7,163	5,366	1.33	184.7	203	0.91	1.46
	4	7,976	4,970	1.61	265.1	253	1.05	1.53
Total		40,456	20,851	1.91* (1.94)	—	217*	1.23*	1.55*
1954	1	11,746	3,624	3.25	280.1	260	1.08	3.01
	2	14,879	5,439	2.73	329.4	208	1.58	1.73
	3	11,180	5,054	2.21	273.5	169	1.62	1.36
	4	8,211	3,102	2.68	230.0	172	1.34	2.00
Total		46,016	17,219	2.72* (2.67)	—	202*	1.41*	2.03*
1955	1	10,786	3,832	2.81	457.1	188	2.43	1.16
	2	13,265	2,722	4.87	516.7	157	3.29	1.48
	3	14,839	3,361	4.42	383.0	181	2.12	2.08
	4	10,042	1,904	5.27	302.3	139	2.17	2.43
Total		48,932	11,819	4.34* (4.14)	—	166*	2.50*	1.79*

TABLE 4. (Continued)

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c/s.d.f. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Indice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Indice de densidad ponderado F/G	Indice de concentración E/H
1956	1	17,997	4,854	3.71	479.7	201	2.39	1.55
	2	15,898	4,093	3.88	449.8	193	2.33	1.67
	3	10,128	3,790	2.67	370.1	206	1.80	1.48
	4	9,485	3,528	2.69	331.4	179	1.85	1.45
Total		53,508	16,265	3.24* (3.29)	—	195*	2.09*	1.54*
1957	1	15,699	4,218	3.72	427.4	190	2.25	1.65
	2	17,741	5,202	3.41	527.3	228	2.31	1.48
	3	9,341	4,023	2.32	262.8	206	1.28	1.81
	4	11,066	3,989	2.77	320.2	231	1.39	1.99
Total		53,847	17,432	3.06* (3.09)	—	204*	1.81*	1.73*
1958	1	8,541	4,296	1.99	313.9	268	1.17	1.70
	2	14,711	5,203	2.83	355.3	219	1.62	1.75
	3	8,489	4,080	2.08	235.9	175	1.35	1.54
	4	12,872	4,742	2.71	406.9	176	2.31	1.17
Total		44,613	18,321	2.43* (2.44)	—	210*	1.61*	1.54*
1959	1	7,475	3,152	2.37	426.2	198	2.15	1.10
	2	7,727	2,595	2.98	452.8	194	2.33	1.28
	3	4,987	1,948	2.56	238.6	102	2.34	1.09
	4	7,200	3,287	2.19	338.6	211	1.60	1.37
Total		27,389	10,982	2.53* (2.49)	—	176*	2.11*	1.21*

* = Average of quarterly values

* = Promedio de los valores trimestrales

(—) from annual totals

(—) de los totales anuales

TABLE 5. Yellowfin data after elimination of one-degree areas with less than five-logged-day's effort per quarter.

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E		F	G	H		I
				Unwt. index of density C/D	Unwt. index of density C/D	Sum of c/s.d.f. all exploited 1° areas		Wtd. index of density F/G	Wtd. index of density F/G	
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Indice de densidad no ponderado C/D		Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Indice de densidad ponderado F/G		Indice de concentración E/H
1951	1	2,611	792	3.30	3.30	129.2	39	3.31	3.31	1.00
	2	19,200	5,533	3.47	3.47	518.1	125	4.10	4.10	0.85
	3	29,365	3,625	8.10	75	336.7	75	4.50	4.50	1.80
	4	9,449	1,512	6.25	6.25	168.2	41	4.10	4.10	1.52
Total		60,625	11,462	5.28* (5.29)		—	70*	4.00*		1.29*
1952	1	13,656	4,656	2.93	2.93	249.6	104	2.40	2.40	1.22
	2	17,675	5,755	3.07	3.07	340.7	127	2.68	2.68	1.15
	3	17,680	5,529	3.20	3.20	199.5	84	2.38	2.38	1.34
	4	10,461	4,714	2.21	2.21	125.7	80	1.57	1.57	1.41
Total		59,472	20,654	2.85* (2.88)		—	99*	2.26*		1.28*
1953	1	7,967	4,174	1.91	1.91	167.8	105	1.60	1.60	1.19
	2	17,322	5,951	2.91	2.91	314.5	131	2.40	2.40	1.21
	3	7,065	5,163	1.37	1.37	136.0	101	1.35	1.35	1.01
	4	7,501	4,705	1.59	1.59	132.7	108	1.23	1.23	1.29
Total		39,855	19,993	1.95* (1.99)		—	111*	1.65*		1.18*
1954	1	11,577	3,370	3.44	3.44	173.1	119	1.45	1.45	2.37
	2	14,722	5,275	2.79	2.79	256.8	123	2.09	2.09	1.33
	3	11,013	4,912	2.24	2.24	209.7	87	2.41	2.41	0.93
	4	8,051	2,938	2.74	2.74	140.2	67	2.09	2.09	1.31
Total		45,363	16,495	2.80* (2.75)		—	99*	2.01*		1.46*
1955	1	10,542	3,697	2.85	2.85	276.2	102	2.71	2.71	1.05
	2	12,983	2,621	4.95	4.95	376.6	85	4.43	4.43	1.12
	3	14,587	3,197	4.56	4.56	268.0	81	3.31	3.31	1.38
	4	9,803	1,753	5.59	5.59	195.3	49	3.99	3.99	1.40
Total		47,915	11,268	4.47* (4.25)		—	79*	3.61*		1.23*

TABLE 5. (Continued)

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c/s.d.f. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Indice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Indice de densidad ponderado F/G	Indice de concentración E/H
1956	1	17,821	4,717	3.78	411.5	127	3.24	1.17
	2	15,640	3,949	3.96	336.9	113	2.98	1.33
	3	9,887	3,617	2.73	255.1	110	2.32	1.18
	4	9,293	3,365	2.76	242.7	94	2.58	1.07
Total		52,641	15,648	3.31* (3.36)	—	111*	2.78*	1.19*
1957	1	15,555	4,091	3.80	356.3	114	3.13	1.21
	2	17,432	5,052	3.45	406.2	145	2.80	1.23
	3	9,141	3,815	2.40	194.2	105	1.85	1.30
	4	10,820	3,734	2.90	211.9	92	2.30	1.26
Total		52,948	16,692	3.14* (3.17)	—	114*	2.52*	1.25*
1958	1	8,346	4,033	2.07	221.5	135	1.64	1.26
	2	14,490	4,971	2.91	270.3	103	2.62	1.11
	3	8,302	3,889	2.13	145.2	63	2.30	0.93
	4	12,428	4,536	2.74	214.2	80	2.68	1.02
Total		43,566	17,429	2.46* (2.50)	—	95*	2.31*	1.08*
1959	1	7,206	2,954	2.44	309.4	106	2.92	0.84
	2	7,427	2,417	3.07	281.5	83	3.39	0.91
	3	4,739	1,852	2.56	121.6	39	3.12	0.82
	4	6,884	3,053	2.25	230.3	88	2.62	0.86
Total		26,256	10,276	2.58* (2.56)	—	79*	3.01*	0.86*

* = Average of quarterly values

* = Promedio de los valores trimestrales

(—) from annual totals

(—) de los totales anuales

TABLE 6. Yellowfin: Quarterly averages of indices of density, concentration index and number of exploited one-degree areas over the period 1951-1959.

TABLA 6. Atún aleta amarilla: Promedios trimestrales de los índices de densidad, índice de concentración y número de las áreas de un grado explotadas correspondientes al período 1951-1959.

Before elimination of 1° areas which received less than five-logged-day's effort per quarter.

Antes de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados por trimestre.

	1st Quarter	2nd Quarter	3rd Quarter	4th Quarter
	1°	2°	3°	4°
	Trimestre	Trimestre	Trimestre	Trimestre
Unweighted index of density Índice de densidad no ponderado	2.87	3.34	3.19	3.11
Weighted index of density Índice de densidad ponderado	1.87	2.35	1.88	1.70
Index of concentration Índice de concentración	1.63	1.49	1.64	1.81
Exploited one-degree areas Áreas de un grado explotadas	197	200	173	183

After elimination of 1° areas which received less than five-logged-day's effort per quarter.

Después de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados por trimestre.

	1st Quarter	2nd Quarter	3rd Quarter	4th Quarter
	1°	2°	3°	4°
	Trimestre	Trimestre	Trimestre	Trimestre
Unweighted index of density Índice de densidad no ponderado	2.94	3.40	3.25	3.23
Weighted index of density Índice de densidad ponderado	2.49	3.05	2.62	2.59
Index of concentration Índice de concentración	1.25	1.14	1.19	1.23
Exploited one-degree areas Áreas de un grado explotadas	106	116	83	78

TABLE 7. Combined yellowfin and skipjack data before elimination of one-degree areas with less than five-logged-day's effort per quarter.

TABLE 7. Datos combinados del atún aleta amarilla y del barrilete antes de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados, por trimestre.

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c/s.d.f. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Índice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Índice de densidad ponderado F/G	Índice de concentración E/H
1951	1	5,429	890	6.10	306.5	95	3.23	1.89
	2	37,037	5,651	6.55	1,052.4	183	5.75	1.14
	3	37,780	3,740	10.10	833.6	151	5.52	1.83
	4	10,593	1,635	6.48	397.3	119	3.34	1.94
Total		90,839	11,916	7.31* (7.62)	—	137*	4.46*	1.70*
1952	1	16,467	4,786	3.44	459.5	176	2.61	1.32
	2	24,277	5,899	4.12	604.4	201	3.01	1.37
	3	31,103	5,707	5.45	631.5	168	3.76	1.45
	4	23,323	4,880	4.78	371.9	168	2.21	2.16
Total		95,170	21,272	4.45* (4.47)	—	178*	2.90*	1.56*
1953	1	11,824	4,364	2.71	354.6	197	1.80	1.51
	2	28,759	6,151	4.68	648.8	215	3.02	1.55
	3	23,124	5,366	4.31	530.4	203	2.61	1.65
	4	23,647	4,970	4.76	664.2	253	2.63	1.81
Total		87,354	20,851	4.12* (4.19)	—	217*	2.52*	1.63*
1954	1	20,595	3,624	5.68	577.6	260	2.22	2.56
	2	30,584	5,439	5.62	682.0	208	3.28	1.71
	3	30,909	5,054	6.12	607.8	169	3.60	1.70
	4	26,609	3,102	8.58	475.9	172	2.77	3.10
Total		108,697	17,219	6.50* (6.31)	—	202*	2.97*	2.27*
1955	1	18,771	3,832	4.90	675.1	188	3.59	1.36
	2	19,524	2,722	7.17	748.8	157	4.77	1.50
	3	29,601	3,361	8.81	769.9	181	4.25	2.07
	4	17,876	1,904	9.39	568.2	139	4.09	2.30
Total		85,772	11,819	7.57* (7.26)	—	166*	4.18*	1.81*

TABLE 7. (Continued)

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c/s.d.f. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Índice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Índice de densidad ponderado F/G	Índice de concentración E/H
1956	1	29,418	4,854	6.06	814.8	201	4.05	1.50
	2	28,416	4,093	6.94	870.9	193	4.51	1.54
	3	27,663	3,790	7.30	831.9	206	4.04	1.81
	4	23,669	3,528	6.71	664.1	179	3.71	1.81
Total		109,166	16,265	6.75* (6.71)	—	195*	4.08*	1.67*
1957	1	19,469	4,218	4.62	586.4	190	3.09	1.50
	2	32,594	5,202	6.27	874.5	228	3.84	1.63
	3	22,315	4,023	5.55	511.8	206	2.48	2.24
	4	23,957	3,989	6.01	518.3	231	2.24	2.68
Total		98,335	17,432	5.61* (5.64)	—	204*	2.91*	2.01*
1958	1	20,212	4,296	4.70	591.4	268	2.21	2.13
	2	31,769	5,203	6.11	595.9	219	2.72	2.25
	3	27,656	4,080	6.78	492.6	175	2.81	2.41
	4	26,800	4,742	5.65	625.3	176	3.55	1.59
Total		106,437	18,321	5.81* (5.81)	—	210*	2.82*	2.10*
1959	1	21,968	3,152	6.97	627.7	198	3.17	2.20
	2	27,205	2,595	10.48	732.9	194	3.78	2.77
	3	19,417	1,948	9.97	459.5	102	4.50	2.22
	4	15,296	3,287	4.65	541.3	211	2.57	1.81
Total		83,886	10,982	8.02* (7.64)	—	176*	3.51*	2.25*

* = Average of quarterly values

* = Promedio de los valores trimestrales

(—) from annual totals

(—) de los totales anuales

TABLE 8. Combined yellowfin and skipjack data after elimination of one-degree areas with less than five-logged-day's effort per quarter.

TABLA 8. Datos combinados del atún aleta amarilla y del barrilete después de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados, por trimestre.

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c./s.d.f. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Índice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Índice de densidad ponderado F/G	Índice de concentración E/H
1951	1	5,119	792	6.46	208.0	39	5.33	1.21
	2	36,532	5,533	6.60	778.2	125	6.23	1.06
	3	37,230	3,625	10.27	531.0	75	7.08	1.45
	4	10,324	1,512	6.83	213.9	41	5.22	1.31
Total		89,205	11,462	7.54* (7.78)	—	70*	5.97*	1.26*
1952	1	16,201	4,656	3.48	311.2	104	2.99	1.16
	2	24,046	5,735	4.18	481.5	127	3.79	1.10
	3	30,049	5,529	5.43	402.5	84	4.79	1.13
	4	23,041	4,714	4.89	252.0	80	3.15	1.55
Total		93,337	20,654	4.50* (4.52)	—	99*	3.68*	1.24*
1953	1	11,568	4,174	2.77	232.0	105	2.21	1.25
	2	28,828	5,951	4.84	526.2	131	4.02	1.20
	3	22,958	5,163	4.45	393.9	101	3.90	1.14
	4	22,650	4,705	4.81	352.7	108	3.27	1.47
Total		86,004	19,993	4.22* (4.30)	—	111*	3.35*	1.27*
1954	1	20,219	3,370	6.00	365.4	119	3.07	1.95
	2	30,276	5,275	5.74	533.3	123	4.34	1.32
	3	30,670	4,912	6.24	481.6	87	5.54	1.13
	4	26,262	2,938	8.94	315.3	67	4.71	1.90
Total		107,427	16,495	6.73* (6.51)	—	99*	4.42*	1.58*
1955	1	18,448	3,697	4.99	438.4	102	4.30	1.16
	2	19,083	2,621	7.28	523.1	85	6.15	1.18
	3	29,163	3,197	9.12	504.2	81	6.22	1.47
	4	17,439	1,753	9.95	378.3	49	7.72	1.29
Total		84,133	11,268	7.84* (7.47)	—	79*	6.10*	1.28*

TABLE 8. (Continued)

A Year	B Quarter	C Catch (tons)	D Effort S.D.F.	E Unwt. index of density C/D	F Sum of c/s.d.f. all exploited 1° areas	G No. of exploited 1° areas	H Wtd. index of density F/G	I Index of concentration E/H
Año	Trimestre	Pesca (toneladas)	Esfuerzo D.E.P.	Índice de densidad no ponderado C/D	Suma de p.e./d.a. de todas las áreas de 1° explotadas	No. de áreas de 1° explotadas	Índice de densidad ponderado F/G	Índice de concentración E/H
1956	1	29,014	4,717	6.16	642.6	127	5.06	1.22
	2	27,947	3,949	7.08	655.7	113	5.80	1.22
	3	27,106	3,617	7.49	590.7	110	5.37	1.39
	4	23,390	3,365	6.95	510.1	94	5.43	1.28
Total		107,487	15,648	6.92* (6.87)	—	111*	5.42*	1.28*
1957	1	19,235	4,091	4.70	473.6	114	4.15	1.13
	2	32,212	5,052	6.38	699.1	145	4.82	1.32
	3	21,987	3,815	5.76	379.1	105	3.78	1.52
	4	23,647	3,734	6.33	379.1	92	4.12	1.54
Total		97,081	16,692	5.79* (5.82)	—	114*	4.22*	1.38*
1958	1	19,820	4,033	4.91	379.4	135	2.81	1.75
	2	30,310	4,971	6.10	457.5	103	4.44	1.37
	3	27,170	3,889	6.99	324.0	63	5.14	1.36
	4	27,422	4,536	6.05	390.1	80	4.88	1.24
Total		104,722	17,429	6.01* (6.01)	—	95*	4.32*	1.43*
1959	1	21,562	2,954	7.30	463.2	106	4.37	1.67
	2	26,679	2,417	11.04	449.6	83	5.42	2.04
	3	19,102	1,852	10.31	313.5	39	8.04	1.28
	4	14,840	3,053	4.86	348.8	88	3.96	1.23
Total		82,183	10,276	8.38* (8.00)	—	79*	5.45*	1.56*

* = Average of quarterly values

* = Promedio de los valores trimestrales

(—) from annual totals

(—) de los totales anuales

TABLE 9. Combined yellowfin and skipjack. Quarterly averages of indices of density, concentration index and number of exploited one-degree areas over the period 1951-1959.

TABLA 9. Atún aleta amarilla y barrilete combinados. Promedios trimestrales de los índices de densidad, índice de concentración y número de áreas de un grado explotadas correspondientes al periodo 1951-1959.

Before elimination of one-degree areas which received less than five-logged-day's effort per quarter.

Antes de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados por trimestre.

	1st Quarter	2nd Quarter	3rd Quarter	4th Quarter
	1°	2°	3°	4°
	Trimestre	Trimestre	Trimestre	Trimestre
Unweighted index of density Índice de densidad no ponderado	5.02	6.44	7.15	6.33
Weighted index of density Índice de densidad ponderado	2.89	3.85	3.73	3.01
Index of concentration Índice de concentración	1.77	1.72	1.93	2.13
Exploited one-degree areas Áreas de un grado explotadas	197	200	173	1.83

After elimination of one-degree areas which received less than five-logged-day's effort per quarter.

Después de la eliminación de las áreas de un grado con un esfuerzo de menos de cinco días registrados por trimestre.

	1st Quarter	2nd Quarter	3rd Quarter	4th Quarter
	1°	2°	3°	4°
	Trimestre	Trimestre	Trimestre	Trimestre
Unweighted index of density Índice de densidad no ponderado	5.20	6.58	7.34	6.62
Weighted index of density Índice de densidad ponderado	3.81	5.00	5.54	4.72
Index of concentration Índice de concentración	1.39	1.31	1.32	1.42
Exploited one-degree areas Áreas de un grado explotadas	106	115	83	76

TABLE 10. Regression and correlation coefficients between the weighted and unweighted indices of density.**TABLA 10.** Coeficientes de regresión y correlación entre los índices de densidad ponderado y no ponderado.SKIPIACK
BARRILETE

	Unweighted on weighted		Weighted on unweighted	
	Quarterly	Annual	Quarterly	Annual
Before elimination				
Antes de la eliminación				
Regression coefficient (b)				
Coeficiente de regresión (b)				
95% fiducial limits of regression				
95% de los límites fiduciaros de la regresión				
95% fiducial limits of individual Y values				
95% de los límites fiduciaros de los valores individuales de Y				
Correlation coefficient (r)				
Coeficiente de correlación (r)	0.560**	0.364		
After elimination				
Después de la eliminación				
Regression coefficient (b)				
Coeficiente de regresión (b)	1.555	1.523	0.738	0.674
95% fiducial limits of regression				
95% de los límites fiduciaros de la regresión	1.336	1.774	1.229	1.818
95% fiducial limits of individual Y values				
95% de los límites fiduciaros de los valores individuales de Y	0.242	2.868	0.641	2.406
Correlation coefficient (r)				
Coeficiente de correlación (r)	0.710**	0.752*	—	—

YELLOWFIN
ATUN ALETA AMARILLA

Before elimination				
Antes de la eliminación				
Regression coefficient (b)				
Coeficiente de regresión (b)	1.640	1.604	0.646	0.633
95% fiducial limits of regression				
95% de los límites fiduciaros de la regresión	1.500	1.781	1.451	1.758
95% fiducial limits of individual Y values				
95% de los límites fiduciaros de los valores individuales de Y	0.796	2.485	1.146	2.064
Correlation coefficient (r)				
Coeficiente de correlación (r)	0.580**	0.925**	—	—

TABLE 10. (Continued)

	Unweighted on weighted		Weighted on unweighted	
	Quarterly	Annual	Quarterly	Annual
After elimination				
Después de la eliminación				
Regression coefficient (b)				
Coefficiente de regresión (b)				
95% fiducial limits of regression				
95% de los límites fiduciarios de la regresión				
95% fiducial limits of individual Y values				
95% de los límites fiduciarios de los valores individuales de Y				
Correlation coefficient (r)				
Coefficiente de correlación (r)				
	1.204	1.194	0.870	0.852
	1.106	1.075	0.809	0.931
	0.614	0.836	0.505	1.235
	0.783**	0.907**	—	—
COMBINED DATA				
DATOS COMBINADOS				
Before elimination				
Antes de la eliminación				
Regression coefficient (b)				
Coefficiente de regresión (b)				
95% fiducial limits of regression				
95% de los límites fiduciarios de la regresión				
95% fiducial limits of individual Y values				
95% de los límites fiduciarios de los valores individuales de Y				
Correlation coefficient (r)				
Coefficiente de correlación (r)				
	1.889	1.858	0.558	0.548
	1.736	2.042	0.515	0.601
	0.971	2.807	0.301	0.815
	0.636**	0.762*	—	—
After elimination				
Después de la eliminación				
Regression coefficient (b)				
Coefficiente de regresión (b)				
95% fiducial limits of regression				
95% de los límites fiduciarios de la regresión				
95% fiducial limits of individual Y values				
95% de los límites fiduciarios de los valores individuales de Y				
Correlation coefficient (r)				
Coefficiente de correlación (r)				
	1.361	1.352	0.754	0.747
	1.278	1.444	0.715	0.794
	0.862	1.859	0.518	0.991
	0.825**	0.919**	—	—

TABLE 11. Correlation coefficients between the number of exploited one-degree areas and the quarterly and annual indices of density and concentration.

TABLA 11. Coeficientes de correlación entre el número de las áreas de un grado explotadas y los índices trimestrales y anuales de densidad y de concentración.

	Concentration index		Weighted index of density		Unweighted index of density	
	Quarterly	Annual	Quarterly	Annual	Quarterly	Annual
	Indice de concentración		Indice de densidad ponderado		Indice de densidad no ponderado	
	Trimestral	Anual	Trimestral	Anual	Trimestral	Anual
Skipjack						
Barrilete						
Before elimination	0.0782	0.208	0.0787	-0.190	-0.152	-0.0155
Antes de la eliminación						
After elimination	0.0188	-0.208	-0.447**	-0.273	-0.359*	-0.272
Después de la eliminación						
Yellowfin						
Atún aleta amarilla						
Before elimination	0.00774	-0.0616	-0.437**	-0.891**	-0.423*	-0.849**
Antes de la eliminación						
After elimination	0.0652	0.216	-0.331*	-0.740*	-0.293	-0.568
Después de la eliminación						
Combined						
Combinado						
Before elimination	0.0516	0.262	-0.443**	-0.789*	-0.424**	-0.572
Antes de la eliminación						
After elimination	-0.0373	-0.0814	-0.518**	-0.713*	-0.516**	-0.695*
Después de la eliminación						

**MEDIDAS DE LA DENSIDAD DE LAS POBLACIONES DE LOS
ATUNES ALETA AMARILLA Y BARRILETE DEL OCEANO PACIFICO
ORIENTAL TROPICAL Y DE LA CONCENTRACION DEL ESFUERZO
DE PESCA SOBRE ESTAS ESPECIES, 1951-1959**

por

Thomas P. Calkins

INTRODUCCION

En un Boletín anterior de esta Comisión, Griffiths (1960) se refiere a dos índices de la densidad de la población y a un índice de la concentración del esfuerzo de pesca de los barcos de carnada sobre el atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental Tropical, correspondientes al período 1951-1956. Los atunes aleta amarilla y barrilete se encuentran en las mismas áreas generales de pesca y muchas de las pescas comerciales están compuestas de una mezcla de las dos especies. Es deseable, por lo tanto, ampliar la investigación en lo que se refiere al barrilete y a las dos especies combinadas.

La pesquería de atunes tropicales en el Pacífico Oriental se extiende aproximadamente desde la frontera norte de México hasta las vecindades del límite Perú-Chile. El área que cubre esta pesquería es de aproximadamente 180 a 300 millas mar afuera, dependiendo de la época y del área de pesca, e incluye las aguas que rodean ciertas islas alejadas del continente como las Revillagigedo, las Galápagos, la Isla Clipperton y la Isla del Coco.

No se sabe si los barriletes del Pacífico Oriental y los que se encuentran en el Pacífico Central forman poblaciones separadas, o si hay poblaciones separadas dentro del Pacífico Este. Las comparaciones morfométricas indican que no se opera una mezcla *completa* entre los barriletes del Pacífico Central y los del Pacífico Este, ni dentro de este último; pero el grado de mezcla, si es que hay alguna, no ha sido determinado (Hennemuth, 1959). A pesar de los extensos programas de marcación en años recientes, no ha sido posible encontrar evidencia de movimientos de los barriletes entre el Pacífico Central y el Pacífico Este. Dentro del Pacífico Oriental, los experimentos de marcación han demostrado que hay mezcla parcial pero no completa de los barriletes en el radio de la pesquería (Blunt y Messersmith, 1960; Schaefer, Chatwin y Broadhead, 1961).

Sobre la base de las comparaciones morfométricas, parece que los atunes aleta amarilla del Pacífico Oriental y los del Pacífico Central forman poblaciones independientes o semi-independientes (Royce, 1953; Schaefer, 1955). Esta conclusión está fortalecida por la falta de recobros entre las dos áreas. Dentro del Pacífico Este, puede que existan subpoblaciones de atunes aleta amarilla, pero no ha sido posible descubrir ninguna por medio

de las comparaciones morfométricas (Broadhead, 1959). Los recobros de marcas indican que una mezcla parcial tiene lugar entre las regiones del Pacífico Este (Blunt y Messersmith, 1960; Schaefer *et al.*, 1961).

Los barriletes entran en la pesca comercial cuando tienen un tamaño de 45 cm. o un peso de cuatro libras, que es el límite mínimo legal; un año después de que entran en la pesquería, alcanzan un promedio de 60 cm. de longitud y permanecen en la pesquería aproximadamente 17 meses. Sobre la base de los datos disponibles de la frecuencia de las longitudes, se calcula que los barriletes tienen uno o dos años de edad al entrar a la pesquería (Schaefer, 1960).

La mayoría de la pesca de los atunes aleta amarilla está compuesta de peces entre 55 y 150 cm. El límite mínimo legal de 55 cm. (7 y $\frac{1}{2}$ libras) controla el tamaño al que los atunes aleta amarilla entran en la pesca; en ese momento es cuando los peces están en su primer año. Al final de los dos años alcanzan un tamaño promedio de 85 cm., a los tres llegan a un promedio de 123 cm., y este promedio aumenta a 144 a los cuatro años, al cumplir los cuales desaparecen virtualmente de la pesca (Hennemuth, 1961).

Toda la pesca comercial de los atunes tropicales del Pacífico Oriental es desembarcada por dos tipos de barcos: los de carnada y los rederos. Los datos de estos últimos no han sido incluidos en este informe por razones que serán expuestas en la siguiente sección de este trabajo.

La pesquería con carnada viva para la obtención de atunes tropicales en el Pacífico Este ha sido descrita detalladamente por Godsil (1938) y por Shimada y Schaefer (1956). La distribución geográfica de la pesca durante el período 1951-1958 ha sido descrita por Alverson (1960).

El objetivo primordial del presente estudio es computar dos índices de la densidad de la población y un índice de la concentración del esfuerzo de pesca de los barcos de carnada para el barrilete solo y para los atunes aleta amarilla y barriletes combinados, así como examinar las variaciones trimestrales y anuales en dichos índices. Los objetivos secundarios son examinar la relación entre estos índices y la dispersión de la pesquería, y demostrar los cambios estacionales en la distribución geográfica de la captura por unidad de esfuerzo en la pesquería del barrilete. Griffiths (1960) cubrió estos objetivos con respecto al atún aleta amarilla en los años 1951 a 1956; además, hizo algunas de las computaciones para ambas especies en el período 1951-1957.

MATERIAL Y METODOS

Origen y proceso rutinario de los datos

El origen de los datos ha sido de los registros de los cuadernos de bitácora que llevan los capitanes de los barcos pesqueros. Estos hombres son capaces de estimar con una exactitud considerable (Shimada, 1958)

el tonelaje de los peces capturados. A la terminación de cada viaje de pesca comercial, los datos de los registros de los cuadernos de bitácora son copiados por los miembros del personal de la Comisión; esta información es analizada y se hace la asignación distributiva de la producción y del esfuerzo a las áreas estadísticas correspondientes. La dimensión de cada una de estas áreas es de un grado de latitud por uno de longitud; en la Figura 1 se presenta un mapa del Océano Pacífico Oriental Tropical que comprende el radio de la pesquería e ilustra el sistema de áreas estadísticas que emplea la Comisión. Los datos tabulados se transfieren entonces a las tarjetas I.B.M. y se hace un resumen por clases de tamaño de los barcos y por áreas de pesca, para cada trimestre del año. El esfuerzo, por días de pesca anotados en los registros de los cuadernos de bitácora, es estandarizado a la eficiencia de la Clase IV de los barcos de carnada (de 201 a 300 toneladas de capacidad). Shimada y Schaefer (1956) y Griffiths (1960) dan una descripción detallada del proceso de los datos de los registros de los cuadernos de bitácora.

El presente estudio utiliza los datos de los barcos de carnada que tienen su base en California, correspondientes al período 1951 a 1959, e incluye todos los datos de los registros de los cuadernos de bitácora de los barcos de carnada que operan desde México, Costa Rica, Panamá, el Perú y Puerto Rico en años recientes. El tonelaje total de los atunes aleta amarilla y barrilete registrado en los cuadernos de bitácora ha variado entre 61 y 82 por ciento del tonelaje total descargado en el Pacífico Oriental durante el período 1951-1958; el punto más bajo registrado corresponde al año 1951, durante el cual se inauguró el programa. En el período de ocho años, el registro cubre un promedio de 76 por ciento (Alverson, 1960).

Los barcos de carnada fueron el elemento predominante de la flota durante el período que comprende este estudio, ya que lograron un promedio de 75 por ciento de los atunes aleta amarilla y 90 por ciento de los barriletes pescados por la flota de California. Sin embargo, en estos últimos años ha habido un marcado aumento en la proporción de la pesca total descargada por los barcos rederos, particularmente en la de los atunes aleta amarilla. En 1958, el 66 por ciento del atún aleta amarilla descargado por la flota de California provino de los barcos de carnada y en 1959 este porcentaje bajó hasta ligeramente menos del 50 por ciento. El porcentaje de barrilete con que han contribuido los barcos de carnada no ha descendido en forma tan notable. En 1959, 88 por ciento de los desembarques totales de barrilete de la flota con base en California provino de los barcos de carnada (Schaefer, 1961).

Los datos de los barcos rederos no han sido usados por la dificultad de igualar los datos provenientes de los dos equipos de pesca. Con anterioridad a 1958, estos barcos contribuyeron nada más que con el 27 por ciento de los desembarques de atún aleta amarilla y con 13 por ciento de

los desembarques de barrilete hechos por la flota de California en cualquier año. Antes de 1959, el esfuerzo correspondiente a los barcos rederos estaba distribuido en forma bastante desigual en el curso de año, concentrándose en los dos primeros trimestres.

Cálculo de los índices

Después de la tabulación mecánica de los datos de los registros de los cuadernos de bitácora, tenemos disponible el esfuerzo estandarizado y la captura estandarizada de los atunes aleta amarilla y barriletes para cada una de las áreas de un grado y para cada uno de los trimestres del año. Estos datos sirvieron para calcular dos índices de densidad para cada uno de los 36 trimestres del período 1951-1959, objeto de nuestro estudio. Empleando la terminología de Gulland (1956) adoptada por Griffiths (1960), los dos índices han sido llamados índice de densidad ponderado e índice de densidad no ponderado.

El índice de densidad no ponderado es simplemente la captura total, en toneladas, dividida por el número total de días estandarizados del esfuerzo aplicado. En consecuencia, para un trimestre dado, el índice de densidad no ponderado es:

$$\sum_{i=1}^N y_i / \sum_{i=1}^N e_i$$

en donde y_i es la pesca en el área 1^{ima} de un grado

e_i es el esfuerzo en el área 1^{ima} de un grado

N es el número de áreas de un grado explotadas.

El índice ponderado es la suma de la captura por día estandarizado de actividad en cada una de las áreas de un grado explotadas dividida por el número total de áreas de un grado explotadas en un trimestre particular. En su expresión matemática el índice ponderado es:

$$\sum_{i=1}^N (y_i/e_i) / N$$

El término *índice ponderado* significa que el índice es ponderado por área.

Si se dedicara igual esfuerzo a las diversas áreas de un grado, los dos índices de densidad serían iguales a pesar de las diferencias en la captura por unidad de esfuerzo entre las áreas. Por el contrario, si se dedicara mayor esfuerzo a áreas en las que la captura por unidad de esfuerzo es más alta que el promedio, el índice no ponderado excedería al índice ponderado. De este modo, la razón de los dos índices,

$$\left[\sum_{i=1}^N y_i / \sum_{i=1}^N e_i \right] / \left[\sum_{i=1}^N (y_i/e_i) / N \right]$$

es una medida del éxito de la flota en la concentración de su esfuerzo en

densidades de peces más altas que el promedio. Si la mayor parte del esfuerzo fuera aplicada a áreas con densidades más altas que el promedio, la razón sería igual a uno; y si la mayor parte del esfuerzo fuera dedicada a áreas con densidades menores que el promedio, la razón sería menos de uno. Esta razón es llamada "índice de concentración del esfuerzo" o "índice de concentración". Para un examen más detallado de los aspectos teóricos de los índices, el lector puede consultar a Gulland (1956) y a Griffiths (1960).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos básicos correspondientes al barrilete, al atún aleta amarilla y a las dos especies combinadas se dan en las Tablas 1, 4 y 7, respectivamente, que contienen la siguiente información: valores trimestrales de la captura (en toneladas), esfuerzo (días estandarizados de actividad), índice de densidad no ponderado, suma de las capturas por días estandarizados de actividad en todas las áreas de un grado explotadas, número de las áreas de un grado explotadas, el índice de densidad ponderado, y el índice de concentración. Los totales anuales de la captura y del esfuerzo, los promedios anuales de los valores trimestrales de los tres índices, y el número de áreas de un grado se muestran también en las tablas. Los valores anuales del índice no ponderado fueron computados también con el empleo de los totales anuales de la captura y del esfuerzo. El esfuerzo no puede ser dividido entre las especies; en consecuencia, los mismos datos del esfuerzo son usados con los tres grupos de datos de la captura.

Las conclusiones que pueden ser sacadas de las fluctuaciones de los índices dependen, en parte, del grado de exactitud con que la captura por día estandarizado de actividad, en un área de un grado y en un determinado trimestre, representa la abundancia real de los peces en el tiempo y lugar en cuestión. Esto depende, hasta cierto punto, de la intensidad de la pesca en un área; si un área recibe poco esfuerzo de pesca, las condiciones del tiempo y del mar o el comportamiento de los peces (como por ejemplo si pican o no) son susceptibles de producir un gran efecto casi aleatorio en la captura por unidad de esfuerzo. Cuanto más grande sea el volumen del esfuerzo aplicado, hay más probabilidades de que sea mejor distribuido en tiempo y espacio dentro del área, y mejores oportunidades de que los factores favorables y desfavorables que afectan la disponibilidad sean promediados. Griffiths (1960) intentó abordar este problema eliminando de los datos las áreas de un grado explotadas esporádicamente. Para decidir a cuál nivel del esfuerzo debían eliminarse las áreas de un grado, recalculó el índice de densidad ponderado después de eliminar todas las áreas de un grado que habían recibido menos de cinco días y también menos de diez días de esfuerzo registrado en los cuadernos de bitácora en un trimestre. Hubo un cambio substancial entre el índice original y el índice resultante después de la eliminación al nivel de los cinco días, pero poco cambio entre los índices después de la eliminación tanto a los

niveles de cinco como de diez días. Se llegó a la conclusión de que era poco lo que se ganaba con la eliminación a cualquier nivel más alto que el de los cinco días registrados en los cuadernos de bitácora. El nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora fué aplicado a los datos usados en el presente informe. Los datos, después de la eliminación, correspondientes al barrilete, al atún aleta amarilla y las dos especies combinadas, se muestran en las Tablas 2, 5 y 8, respectivamente.

Barrilete

Variación trimestral en los índices de densidad

Los datos del atún aleta amarilla no serán examinados en detalle, ya que han sido analizados por Griffiths (1960), pero se hará referencia a ellos como base de comparación con los del barrilete y con los de las dos especies combinadas.

Los valores trimestrales de los índices de densidad ponderado y no ponderado, correspondientes al barrilete, antes de la eliminación de las áreas ligeramente explotadas, han sido graficados en la Figura 2. Hay una fluctuación estacional pronunciada en ambos índices, en la que los valores más altos tienden a aparecer en los dos últimos trimestres de la mayoría de los años; esto se nota especialmente en el caso del índice no ponderado. En todos los años, excepto en 1951 y en 1959, el primer trimestre es el punto bajo del año y hay un aumento constante durante los trimestres segundo y tercero. Los valores correspondientes a los primeros trimestres son más bajos que los del cuarto trimestre que los precede, y esto ocurre en todos los años con la excepción de 1959. Este patrón estacional está presente, en una menor extensión, en el índice ponderado. En todos los años, con excepción de 1951, el primer trimestre es el más bajo del año y hay un aumento del primero a los trimestres segundo y tercero en cada año, excepto en 1951 y en 1957. El primer trimestre es más bajo que el cuarto trimestre precedente en todos los años excepto en 1958. Este patrón estacional de la fluctuación no está presente en los índices de densidad del atún aleta amarilla (ver Figura 6).

Los valores promedio correspondientes a los dos índices de densidad, para cada uno de los cuatro trimestres del año, fueron computados según los datos de la serie de nueve años. Esto se obtuvo sumando los valores de nueve trimestres similares (por ejemplo, todos los primeros trimestres de 1951 a 1959) y dividiéndolos por nueve. Estos valores se muestran en la Tabla 3 y en la Figura 4 para el barrilete, y en la Tabla 6 para el atún aleta amarilla. Colocados en orden ascendente de magnitud, los trimestres promedio del índice no ponderado del barrilete caen en el siguiente orden: primero, segundo, cuarto, tercero. Para el índice ponderado, el orden es el siguiente: primero, cuarto, segundo, tercero. Hay menos amplitud entre los valores trimestrales promedio de los índices de densidad del atún

aleta amarilla que entre los del barrilete; el segundo trimestre tiene el valor promedio más alto en ambos índices de densidad.

El índice no ponderado del barrilete fluctúa más que el índice ponderado (Figura 2). Esto está ilustrado también por los coeficientes de variación de los dos índices que son de 0.520 para el no ponderado y de 0.399 para el ponderado. Los valores correspondientes al atún aleta amarilla son de 0.409 para el índice no ponderado y de 0.367 para el ponderado.

Quizás sea de interés examinar brevemente algunas de las fluctuaciones extremas en los índices de densidad del barrilete.

A fines del segundo semestre de 1951, los dos índices de densidad del barrilete descendieron drásticamente; en contraste, los dos índices del atún aleta amarilla alcanzaron muy altos niveles. La captura de atún aleta amarilla por día estandarizado de actividad fué alta frente a Centroamérica y en la zona del Banco y Cerro Submarino de Guayaquil; sin embargo, estas áreas no produjeron mucho barrilete. En el caso del Banco de Guayaquil, puede haberse debido o no a la selectividad de los barcos que buscaban atún aleta amarilla; en los años siguientes esta área produjo consistentemente más barrilete que atún aleta amarilla.

En el primer trimestre de 1952, los dos índices del barrilete continuaron descendiendo ligeramente y alcanzaron puntos bajos en la serie de nueve años. En dicho año, el índice del barrilete comenzó a exhibir la fluctuación estacional de la disminución del primer trimestre con el subsecuente aumento hasta un máximo anual en los trimestres tercero o cuarto. En los dos índices la tendencia general fué a subir durante el periodo 1952-1954.

En el último trimestre de 1954, el índice no ponderado del barrilete alcanzó un desusado alto nivel, lo que estuvo acompañado por una marcada declinación en el esfuerzo. Sin embargo, los barcos que sí pescaron tuvieron buen éxito frente a la América Central y lograron una producción en extremo abundante en la zona del Banco y Cerro Submarino de Guayaquil.

En 1955 y 1956, el índice no ponderado descendió del alto nivel de 1954, pero se mantuvo considerablemente sobre los niveles de 1952 y 1953. La tendencia del índice ponderado fué ascendente durante los dos años.

El año 1957 fué de condiciones oceanográficas desusadas. Las temperaturas del agua del mar fueron anormalmente altas frente a la costa del Perú, y sobre lo normal a todo lo largo de la costa de Norteamérica en la mayor parte del año (Schaefer, 1958). Esto dió como resultado buenas pescas en los extremos norte y sur del radio de la pesquería y un descenso en la abundancia aparente de las áreas centrales.

Las desusadas condiciones oceanográficas continuaron en 1958 (Schaefer, 1959). Las áreas meridionales que habían estado fuera del

radio de la pesquería antes del cuarto trimestre de 1957 continuaron produciendo buenas pescas de barrilete, especialmente en los trimestres primero y cuarto. La producción se mantuvo escasa todo el año en las áreas centrales. En el tercer trimestre, hubo un aumento pronunciado en el índice no ponderado, lo que fué debido principalmente a pescas desusadamente buenas en el extremo norte de la pesquería. También se hicieron buenas pescas en el Banco de Guayaquil y en el lugar de las 14 brazas (Banco Chimbote), pero casi nada se pescó entre el Cabo San Lucas y el Ecuador.

En 1959, el desusado régimen oceanográfico continuó hasta por lo menos el primer semestre del año. En el primer trimestre, casi toda la pesca de barrilete provino relativamente de pocas áreas de un grado, todas al sur del ecuador; estas áreas de un grado fueron localizadas en tres áreas generales: el Golfo de Guayaquil, el área de las 14 brazas (entre los 9° y 10° S., cerca de la costa peruana) y la región de la línea fronteriza Perú-Chile, entre los 17° S. y 22° S. La pesquería no se extendió hasta tan al sur en el segundo trimestre, pero el área de las 14 brazas (Banco Chimbote) produjo casi tres cuartas partes de la captura. Como resultado, el índice no ponderado alcanzó un valor de 7.51, el punto más alto para esta serie de datos. Las áreas más al sur produjeron nada en el tercer trimestre, pero el índice no ponderado se mantuvo casi al mismo nivel del trimestre anterior. Esto fué debido a las pescas hechas en la región de Guayaquil y en las áreas locales frente a Baja California, en donde la pesquería se extendió desusadamente hacia el norte. El índice no ponderado decayó abruptamente hasta 2.46 en el cuarto trimestre. Las temperaturas oceánicas estaban volviendo a la normalidad y no hubo capturas al sur del área de Guayaquil.

Durante 1958 y 1959 no hubo fluctuaciones extraordinarias en el índice de densidad ponderado del barrilete. El índice no ponderado del atún aleta amarilla se mantuvo casi constante entre el tercer trimestre de 1957 y el último trimestre de 1959, a un nivel ligeramente debajo del promedio de los nueve años. El índice ponderado del atún aleta amarilla subió moderadamente en el último trimestre de 1958 y se mantuvo ligeramente sobre el promedio hasta el último trimestre de 1959.

El índice no ponderado puede ser afectado substancialmente por una gran captura por día estandarizado de actividad en relativamente pocas de las muchas áreas de un grado explotadas durante un trimestre. Es dudoso que las fluctuaciones más extremas de este índice sean completamente representativas de los cambios reales en la abundancia. El índice ponderado se afecta mucho menos con pescas excepcionales en unas pocas áreas de un grado, lo que puede resultar de los cambios locales en la disponibilidad.

Los índices de densidad ponderado y no ponderado, después de la eliminación de las áreas de un grado que han recibido menos de cinco días

de esfuerzo registrado en los cuadernos de bitácora, por trimestre, se encuentran en la Figura 3 para el barrilete y en la Figura 7 para el atún aleta amarilla.

La eliminación en referencia tuvo el efecto siguiente en los datos del barrilete. La captura se redujo en un promedio de 1.3 por ciento, y el esfuerzo en un promedio de 4.2 por ciento. El índice no ponderado se aumentó en un 3.9 por ciento, en promedio, pero la tendencia de la fluctuación no cambió virtualmente; el cambio mayor fué en el número de áreas de un grado explotadas. La reducción promedio fué de 49.4 por ciento. El índice de densidad ponderado, por el hecho de que la mayoría de las áreas eliminadas tenía capturas muy pequeñas por día estandarizado de actividad, se aumentó en un promedio de 49.8 por ciento. Sin embargo, el patrón de la fluctuación del índice ponderado es similar antes y después de la eliminación. La mayoría de los puntos altos y bajos se registra en los mismos trimestres lo mismo que antes de la eliminación. En unos pocos casos, un punto alto o bajo ha sufrido un cambio a un trimestre posterior.

Los coeficientes de variación de los dos índices no cambiaron grandemente a causa de la eliminación. El coeficiente de variación del índice no ponderado aumentó de 0.520 a 0.527 y el del índice ponderado de 0.399 a 0.418. Los valores correspondientes al atún aleta amarilla, después de la eliminación, son 0.414 para el índice no ponderado y 0.324 para el índice ponderado.

Los valores correspondientes a los promedios de los cuatro trimestres en los dos índices de densidad, después de la eliminación, se muestran en la Tabla 3 y en la Figura 5 para el barrilete, y en la Tabla 6 para el atún aleta amarilla. Se observa poco cambio en el promedio de los valores trimestrales del índice no ponderado, después de la eliminación, con la excepción de que el valor de cada uno aumentó ligeramente. El orden ascendente de magnitud de los trimestres promedio correspondientes al índice ponderado del barrilete cambió de primero, cuarto, segundo, tercero, a primero, segundo, cuarto, tercero. En una forma similar, la eliminación afectó los valores trimestrales promedio de los índices del atún aleta amarilla. El índice ponderado correspondiente a ambas especies aumentó proporcionalmente más en el cuarto trimestre que durante los otros trimestres, porque mayor número de áreas de un grado tendió a ser eliminado en dicho trimestre.

Variaciones trimestrales en el índice de concentración

Los valores trimestrales del índice de concentración del barrilete se muestran en la Figura 8. La línea ininterrumpida, que representa los datos antes de la eliminación de las áreas de un grado al nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora, será discutida en primer lugar.

El coeficiente de variación del índice de concentración del barrilete es 0.462—intermedio entre los coeficientes de variación de los dos índices de densidad. El índice de concentración del atún aleta amarilla se muestra en la Figura 9; con un coeficiente de variación de 0.254, este índice es menos variable que el del barrilete.

La fluctuación estacional del índice de concentración del barrilete no es tan pronunciada como la de los índices de densidad; sin embargo, en la mayoría de los años hay una tendencia de los valores más altos a aparecer a fines del último semestre del año. Los valores trimestrales promedio, correspondientes al período de nueve años, se presentan en la Tabla 3 y en la Figura 4 para el barrilete, y en la Tabla 6 para el atún aleta amarilla. Los valores trimestrales promedio del índice de concentración del barrilete, en orden ascendente de magnitud, son: primero, segundo, tercero, cuarto.

En 1951, el índice de concentración del barrilete descendió constantemente en el curso del año. En el cuarto trimestre, el valor fué de 0.70, el punto más bajo en la serie de nueve años. En ese trimestre, el nivel del esfuerzo fué muy bajo y una cuarta parte del total se aplicó en el área de un grado en la que está localizado el Banco de Guayaquil. La captura en esta área fué 99 por ciento de atún aleta amarilla. También la captura fué predominantemente de atún aleta amarilla en otras áreas de un grado, tales como el Banco Uncle Sam, que también recibió una gran proporción del esfuerzo total (10%). La mayor parte del esfuerzo estuvo dirigido hacia el atún aleta amarilla, lo que dió como resultado un valor relativamente alto en el índice de esta especie, y un valor extremadamente bajo en el índice del barrilete.

En 1952, el índice de concentración del barrilete se recuperó del punto bajo que tenía en 1951 y la tendencia fué ascendente durante 1952 y 1953. En este período, el índice de concentración del atún aleta amarilla se acercó mucho al valor del índice del barrilete, lo que indica que el esfuerzo de la flota no se concentró predominantemente en una especie.

En el primer trimestre de 1954, el índice de concentración del barrilete continuó con el aumento moderado del año anterior. El índice de concentración del atún aleta amarilla se elevó grandemente alcanzando un valor de 3.01, el punto más alto del período 1951-1959. El esfuerzo fué escaso en las áreas locales, pero bien distribuido en el resto del radio de la pesquería. Hubo una captura muy abundante y muy buena captura por día estandarizado de actividad en lo que respecta al atún aleta amarilla en el área de las 14 brazas, lo que causó el alto valor del índice de concentración. La captura de barrilete en el área de las 14 brazas no fué excepcional, posiblemente debido a que la flota dejaba pasar el barrilete por el atún aleta amarilla. En años siguientes, este banco rindió mayores cantidades de barrilete que de atún aleta amarilla.

En el cuarto trimestre de 1954, el índice de concentración del barrilete tuvo un alza espectacular de 1.97 a 4.15. En este trimestre, el esfuerzo se redujo considerablemente y la captura de ambas especies estuvo por debajo de la que se obtuvo en el trimestre anterior. El índice de concentración del barrilete fué afectado substancialmente por las capturas provenientes de las dos áreas de un grado en que están localizados el Banco y el Cerro Submarino de Guayaquil. Estas dos áreas recibieron el 40.6 por ciento del esfuerzo total y produjeron el 57.6 por ciento de la pesca total de barrilete.

El esfuerzo se redujo mucho en 1955, pero el índice de concentración no exhibió fluctuaciones desusadas. Los índices de las dos especies se elevaron conforme transcurrió el año, y el alto valor para ambas se registró en el cuarto trimestre. Los índices de concentración de las dos especies estuvieron bastante cercanos todo el año, y casi con un valor idéntico durante los trimestres segundo y tercero.

En 1956, el índice de concentración del barrilete exhibió nuevamente un patrón de valores más altos en los dos últimos trimestres. Los valores del índice de concentración del barrilete en los dos últimos trimestres de 1955 y 1956 fueron casi idénticos, a pesar de un aumento substancial del esfuerzo en 1956. Después de un pronunciado descenso en el primer trimestre, el índice de concentración del atún aleta amarilla declinó moderadamente en el segundo semestre del año.

En 1957, el índice de concentración del barrilete exhibió el descenso usual del primer trimestre. El índice cayó hasta 1.06, valor que ocupó el segundo lugar entre los puntos más bajos de la serie. El esfuerzo en este trimestre tuvo su mayor intensidad en aguas frente a Centroamérica, en donde las capturas de atún aleta amarilla excedieron a las de barrilete en mucho más de lo normal.

En el tercer trimestre de 1957, el esfuerzo se concentró intensamente en los bancos locales en los que predominaba el barrilete. La captura de barrilete por día estandarizado de actividad fué también grande en el área de las 14 brazas, cerca del extremo meridional del radio de la pesquería. En el cuarto trimestre, el índice de concentración del barrilete llegó a 3.76, un valor excepcionalmente alto. Se pescó en un gran número de áreas de un grado (206), pero la mayor parte del esfuerzo se concentró en relativamente pocas de estas áreas en los bancos locales, en las vecindades del Golfo de Guayaquil y más al sur, frente al Perú y a Chile.

El índice de concentración del barrilete fluctuó considerablemente en 1958, desde un minimum en el primer trimestre hasta un maximum en el tercero, con otro descenso en el cuarto trimestre. A causa de las desusadas condiciones oceanográficas, en los trimestres primero y cuarto se hicieron buenas capturas de barrilete en aguas tan al sur como los 20

S. Estas áreas produjeron capturas substanciales en el cuarto trimestre de 1957 por la primera vez. En el tercer trimestre de 1958, se lograron pescas de barrilete desusadamente buenas en el extremo septentrional de la pesquería. El valor más alto de la captura por día estandarizado de actividad provino de las áreas de un grado entre los grados 28 y 33 de latitud norte. En años normales se capturan pocos barriletes al norte de los 28° N.

El índice de concentración del barrilete alcanzó a principios de 1959 el valor más alto de la serie de nueve años. En el primer trimestre el índice llegó a 4.55 que fué el valor más alto hasta ese momento, y en el segundo trimestre aumentó más todavía hasta llegar a 5.22. El punto más bajo correspondiente al expresado año fué de 2.56 en el cuarto trimestre, pero estaba aún sobre el valor promedio de los nueve años. Más del 95 por ciento de la captura de barrilete en el primer trimestre provino del sur del ecuador y sobre el 90 por ciento provino de diez áreas de un grado: dos en la región de Guayaquil, una en el sector de las 14 brazas y ocho en la región de la frontera Perú-Chile. En el segundo trimestre, el alto valor del índice de concentración fué debido principalmente a la pesca hecha en el área de las 14 brazas, la cual contribuyó con cerca del 75 por ciento del total. Si esta área de un grado se omite de los datos, el índice desciende de 5.22 a 1.92.

No figura en los registros de los cuadernos de bitácora ninguna captura al sur de los 5° S. de latitud en el tercer trimestre; sin embargo, se lograron muy buenas pescas en la región de Guayaquil y en las áreas locales. El descenso en el índice de concentración, del valor alcanzado en el trimestre anterior, estuvo acompañado de una reducción en el número de áreas de un grado explotadas, lo que dió como resultado un aumento en el índice ponderado. En el cuarto trimestre hubo un descenso en la captura en las áreas locales y en el área de Guayaquil; sin embargo, estas áreas aún contribuyeron con la mayor parte de la pesca. Se pescó en todas las áreas de un grado de los 5° S. a los 22° S. que rindieron buenas pescas en el primer trimestre, pero nada produjeron debido a la vuelta a las condiciones oceanográficas normales.

Durante el período de valores excepcionalmente altos del índice de concentración del barrilete (1957:3 a 1959:4), el índice de concentración del atún aleta amarilla disminuyó y se estabilizó a un nivel debajo del promedio. Las áreas extremas de la pesquería, que proveyeron la mayor parte de la pesca de barrilete, no produjeron atún aleta amarilla; una gran parte de la captura de esta especie proviene generalmente de las costas de México y Centroamérica, en el sector central del radio de la pesquería. Las temperaturas anormalmente calientes del agua del mar en 1957 y 1958 tuvieron probablemente un efecto adverso sobre la disponibilidad de los atunes aleta amarilla y barrilete en estas áreas. En 1959, cuando las temperaturas volvieron a lo normal, los datos sobre el atún aleta

amarilla usados en el presente trabajo fueron relativamente menos abundantes que los datos de los años anteriores, y ésto se debe a la conversión de buena parte de la flota al sistema de pesca con redes de cerco que logró más de la mitad de la captura total.

Hubo dos periodos de temperatura anormalmente alta del agua del mar en la serie de años estudiados en este trabajo: en 1953, cuando las condiciones de "El Niño" se presentaron frente al Ecuador y al Perú (Posner, 1957) y en 1957-1958, cuando las temperaturas del agua del mar estuvieron sobre lo normal en casi todo el radio de la pesquería. Durante ambos periodos, el índice de concentración del atún aleta amarilla descendió, en tanto que aumentó el del barrilete. Los valores más altos en el índice del barrilete ocurrieron en los años en que las condiciones estaban volviendo a lo normal: 1954 y 1959. En 1954 hubo también un aumento en el índice de concentración del atún aleta amarilla; ésto no ocurrió en 1959, aún cuando el aumento puede haber pasado inadvertido por el cambio en los métodos de pesca.

El gráfico del índice de concentración después de la eliminación de las áreas de un grado al nivel de los cinco días registrados en los cuadernos de bitácora está representado por la línea interrumpida en la Figura 8 para el barrilete, y en la Figura 9 para el atún aleta amarilla. Debido al aumento proporcionalmente mayor en el índice ponderado en comparación con el índice no ponderado, el índice de concentración del barrilete se reduce por la eliminación en un promedio de 29.4 por ciento. El índice de concentración del atún aleta amarilla se reduce en 26.6 por ciento, en promedio.

Los coeficientes de variación de los índices de concentración de ambas especies son reducidos por la eliminación; el correspondiente al barrilete se reduce de 0.462 a 0.416 y el del atún aleta amarilla de 0.254 a 0.241.

Los valores trimestrales promedio del índice de concentración, después de la eliminación, se muestran en la Tabla 3 y en la Figura 5 para el barrilete y en la Tabla 6 para el atún aleta amarilla. El orden ascendente de magnitud de los valores trimestrales promedio del índice de concentración del barrilete fué casi invertido por la eliminación; cambió de primero, segundo, tercero, cuarto a tercero, cuarto, segundo, primero. El orden ascendente de magnitud de los promedios trimestrales correspondientes al atún aleta amarilla cambió de segundo, primero, tercero, cuarto, a segundo, tercero, cuarto, primero.

En las Figuras 8 y 9 puede observarse que los altos valores del índice de concentración tienden a quedar más reducidos por la eliminación que los valores bajos. Antes de la eliminación, los valores más altos tienden a ocurrir en el segundo semestre del año, que es también cuando se elimina la mayor proporción de áreas de un grado. Esto da como resultado un

mayor aumento en el índice ponderado en el segundo semestre del año que en el primero y, por ende, una reducción proporcionalmente más grande del índice de concentración en este período.

Los cambios más notables en el índice de concentración del barrilete, después de la eliminación, fueron los siguientes: (1) La reducción del máximo en 1954:4; (2) El cambio en la posición del máximo en 1957:4 a 1958:1. En 1954:4, el número total de áreas de un grado explotadas fué 172; de este total, 105 áreas o el 61 por ciento, recibieron menos de cinco días de esfuerzo registrado en los cuadernos de bitácora y fueron eliminadas. La mayoría de estas áreas tuvo cero o un valor muy bajo en la captura por unidad de esfuerzo y, como resultado, el índice ponderado aumentó en 66 por ciento y, en cambio, el índice no ponderado solamente aumentó en 4.6 por ciento; en consecuencia, ésto causó un 43 por ciento de reducción en el índice de concentración. La misma situación ocurrió en 1955:4 cuando se eliminó el 65 por ciento de las áreas de un grado explotadas y, nuevamente, en el cuarto trimestre de 1957 cuando se eliminó el 60 por ciento de dichas áreas.

A pesar de la eliminación del 49.6 por ciento de las áreas en el primer trimestre de 1958, los dos índices de densidad cambiaron muy poco. Hubo varias áreas de un grado, principalmente frente el Ecuador y al Perú, que tuvieron una gran captura por día estandarizado de actividad pero que recibieron menos de cinco días de esfuerzo registrado en los cuadernos de bitácora y fueron eliminadas. La reducción en el número de áreas de un grado (denominador del índice ponderado) fué casi igualada por la reducción de la suma de la captura por día estandarizado de actividad (numerador del índice ponderado). Por este motivo, el aumento en el índice ponderado y la consecuente reducción del índice de concentración (generalmente asociada con la eliminación de un gran número de áreas de un grado) no ocurrieron.

Relación entre los índices de densidad ponderado y no ponderado

Para examinar la relación entre los índices de densidad ponderado y no ponderado, los valores trimestrales y anuales de este último fueron graficados contra los correspondientes valores del índice ponderado. Cuando uno de los índices es cero, el otro debe ser también cero; en consecuencia, la línea del mejor ajuste se supone que pasa a través del origen. Snedecor (1946, 4a. edición) presenta tres métodos para computar la pendiente de una línea que pasa a través del origen. Para seleccionar el método apropiado, los valores de X se agrupan en orden de magnitud ascendente, y las variancias de los valores agrupados de Y en cada media del group X se prueban por homogeneidad. Si las variancias son homogéneas, la pendiente de la línea de regresión es computada por la fórmula: $b = \frac{\sum XY}{\sum X^2}$. Si las variancias no son homogéneas, las variancias y las desviaciones estándar de los grupos Y son examinadas en relación con los

valores ascendentes de los grupos X . Si las variancias aumentan en una proporción constante a los valores ascendentes de X , se usa el método de los promedios para computar la pendiente. Si las desviaciones estándar caen más cerca que las variancias de la relación lineal con X , la pendiente es la media de las razones X/Y . La variancia del group Y del barrilete y del atún aleta amarilla no fue homogénea y los datos parece que se ajustan a la tercera situación. En consecuencia, se empleó la fórmula $b = \Sigma(Y/X)/N$. En este caso, la pendiente es igual al promedio del índice de concentración.

Cuando se emplea el método de las razones, el 95 por ciento de los límites fiduciarios de la regresión se dan por:

$$Y = (b \pm t_{.05} s_b) X$$

en donde s_b es la desviación estándar de las muestras de b y es igual a

$$(s^2_{(Y/X)}/N)^{1/2}$$

El término $s^2_{(Y/X)}$, es la variancia de las razones Y/X , y N es el número de observaciones.

La fórmula antes consignada también describe el 95 por ciento de los límites fiduciarios de la razón media de Y sobre X . El 95 por ciento de los límites fiduciarios de los valores individuales de Y se da por las pendientes.

$$b \pm t_{.05} s_{(Y/X)}$$

La Figura 10 presenta un gráfico del índice no ponderado del barrilete sobre el índice ponderado. La pendiente de la línea es 2.202 y el 95 por ciento de los límites fiduciarios de la regresión es dado por las pendientes 1.857 y 2.546. Teóricamente, si el esfuerzo de pesca fuera distribuido al azar dentro del área de pesca del Pacifico Oriental Tropical, los dos índices de densidad serían iguales y el índice de concentración y la pendiente de la línea de regresión serían igual a uno. En consecuencia, parece que en el período de nueve años la flota, en promedio, concentró su esfuerzo en el barrilete 120 por ciento mejor que si la pesca hubiese sido al azar. Al 95 por ciento de los límites de confianza, el promedio de la concentración del esfuerzo estuvo entre 86 y 155 por ciento mejor que al azar. El 95 por ciento de los límites de confianza de los valores individuales predichos de Y para valores de X se da por las pendientes 0.135 y 4.268 ($\pm 94\%$ de b). Estos límites son demasiado amplios para que sean de mucho valor práctico. El coeficiente de correlación entre los dos índices es 0.560 que es significativo al nivel de confianza de 99 por ciento.

Si se deseara pronosticar un índice con base en el otro, sería más práctico pronosticar el índice ponderado por medio del índice no ponderado debido a la mayor facilidad de computación de este último. Para conseguir ésto, es necesario invertir las coordenadas y recomputar la pendiente de la línea. La pendiente y los límites de confianza después de la inversión de las coordenadas se dan en la Tabla 10.

La relación entre los dos índices de densidad también fué examinada mediante el empleo de los valores anuales (las medias de los cuatro valores trimestrales). Los valores del coeficiente de regresión y el 95 por ciento de los límites de confianza se dan en la Tabla 10. Los valores están muy cercanos a los obtenidos al usar los datos trimestrales; sin embargo, el coeficiente de correlación de los datos anuales no es significativo al 95 por ciento de nivel de confianza.

Estos cálculos también fueron hechos con los datos del barrilete. El coeficiente de regresión es 1.640 para los datos trimestrales, y el 95 por ciento de los límites fiduciarios es 1.500 y 1.781. Los límites de los valores individuales de Y son 0.796 y 2.485. Estos límites son considerablemente más estrechos que los obtenidos de los datos del barrilete que, en conjunto, son más erráticos que los datos del atún aleta amarilla. La correlación entre los índices trimestrales de densidad del atún aleta amarilla es 0.580**. Los valores obtenidos después de la inversión de las coordenadas y de los datos anuales se presentan en la Tabla 10. El coeficiente de correlación obtenido de los datos anuales del atún amarilla es 0.925, que es significativo al nivel del 99 por ciento.

La relación entre los índices de densidad ponderado y no ponderado del barrilete fué examinada nuevamente después de la eliminación de las áreas de un grado al nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora. El gráfico de los valores trimestrales del índice no ponderado contra los correspondientes valores del índice ponderado se muestra en la Figura 11. La pendiente de la línea fué reducida a 1.555. El 95 por ciento de los límites de confianza se redujo a $\pm$ el 14 por ciento de b , en contraste con el 16 por ciento antes de la eliminación. El 95 por ciento de los límites de confianza de los valores individuales de Y se redujo a $\pm$ el 84 por ciento de b , en contraste con el 94 por ciento antes de la eliminación. El coeficiente de correlación aumentó de 0.560** a 0.710**.

La eliminación de las áreas de un grado al nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora tuvo un efecto similar en los datos del atún aleta amarilla. El coeficiente de regresión se redujo de 1.640 a 1.204. El 95 por ciento de los límites de confianza de la regresión se redujo del 9 al 8 por ciento de b . De modo similar, el 95 por ciento de los límites de confianza de los valores individuales de Y se redujo del 52 al 49 por ciento de b . El coeficiente de correlación aumentó de 0.580** a 0.783**. El efecto del empleo de los promedios anuales y de la inversión de las coordenadas de los datos trimestrales y anuales correspondientes a ambas especies ha sido sumariado en la Tabla 10.

**Convencionalmente se ha usado en este informe la significación de los valores al nivel del 95 por ciento por medio de un asterisco y por doble asterisco la de los valores al nivel del 99 por ciento.

Relación del número de áreas de un grado explotadas con los índices de concentración y de densidad

Griffiths (1960) examinó la relación entre el número de áreas de un grado explotadas y el índice de concentración del atún aleta amarilla en el periodo 1951-1956. Sugirió que la cobertura de más áreas de un grado por la flota podría estar asociada con una mayor dispersión de los peces y, siendo así, con un descenso en el índice de concentración que podría ser demostrado por una correlación negativa de significación entre el número de áreas de un grado explotadas y el índice de concentración. Los coeficientes de correlación tanto de los datos trimestrales como de los anuales fueron negativos pero no significativos. Estos coeficientes fueron recalculados para la serie 1951-1959 de los datos del atún aleta amarilla; ni el coeficiente de correlación trimestral ni el anual se acercaron a un nivel de significación. Se repitieron los cálculos después de la eliminación de las áreas de un grado y tampoco resultaron significativos. Los mismos coeficientes de correlación fueron calculados con los datos del barrilete. Ninguno de los coeficientes, ni el trimestral ni el anual, antes o después de la eliminación, se acercó a un nivel significativo. Los valores de estos coeficientes, correspondientes a ambas especies, pueden encontrarse en la Tabla 11. No hay evidencia que sugiera que hay una relación consistente entre el número de áreas de un grado explotadas y el índice de concentración de cualquiera de las dos especies.

Griffiths (1960) examinó también la relación entre el número de áreas de un grado explotadas y los dos índices de densidad. Obtuvo correlaciones negativas de significación con los valores anuales y trimestrales de ambos índices, sugiriendo que la pesquería cubre más áreas de un grado debido al aumento en la búsqueda de los peces conforme disminuye la captura por unidad de esfuerzo. Estos cálculos se repitieron con la serie de datos de 1951-1959; se obtuvieron correlaciones negativas de significación (al nivel del 99%) entre ambos índices de densidad y el número de áreas de un grado explotadas, tanto sobre una base trimestral como anual. La eliminación de las áreas de un grado al nivel de cinco días de esfuerzo registrado en los cuadernos de bitácora tendió a debilitar las correlaciones. Los valores trimestrales y anuales de los coeficientes de correlación entre las áreas de un grado y el índice ponderado fueron significativos al nivel del 95 por ciento, pero ningún valor correspondiente al índice no ponderado alcanzó aquel nivel de significación.

Con respecto al barrilete, ninguna de las correlaciones entre el número de áreas de un grado y los índices anuales de densidad fué significativa. Después de la eliminación, pero no antes, las correlaciones trimestrales fueron de significación para ambos índices.

En la mayoría de los casos, las correlaciones entre los índices de densidad y el número de áreas de un grado explotadas son más fuertes para el

atún aleta amarilla que para el barrilete. Esto sugiere que el aumento en la actividad de la flota para la búsqueda de los peces está más estrechamente relacionado con un descenso en la abundancia aparente del atún aleta amarilla que del barrilete. La diferencia en la distribución geográfica de la captura de las dos especies puede ser un factor contributivo en esta relación. Las mejores capturas de barrilete se han hecho generalmente en los extremos septentrional y meridional del área cubierta por la pesquería. Estas zonas contienen menos áreas de un grado que las mucho más extendidas regiones centrales que generalmente producen el grueso de la captura de atún aleta amarilla; de allí que, tal vez, se requiera menos actividad en la búsqueda del barrilete que en la de aquella especie.

Cambios estacionales en la distribución geográfica de la captura por día estandarizado de actividad

Los cambios geográficos y estacionales en la captura del barrilete por día estandarizado de actividad han sido discutidos con alguna amplitud en conjunción con la discusión de las fluctuaciones de los índices de densidad y de concentración. La captura por día estandarizado de actividad, por áreas de un grado y por trimestres, ha sido descrita por Griffiths (1960) en cuanto a lo que al atún aleta amarilla se refiere en el período 1951-1955, y por Alverson (1960) con respecto al atún aleta amarilla y al barrilete en el período 1951-1958. En este informe se considerarán los valores promedio correspondientes al período de nueve años, por áreas de un grado. La distribución geográfica del promedio de la captura de barrilete por día estandarizado de actividad en los cuatro trimestres del período 1951-1959, se muestran en las Figuras 12a, b, c y d. Las áreas de un grado que recibieron menos de cinco días de esfuerzo registrado en los cuadernos de bitácora en un trimestre fueron eliminadas del promedio, y las áreas de un grado que recibieron más de cinco días de esfuerzo registrado en los cuadernos de bitácora por trimestre, en solo uno de los nueve años, no fueron incluidas. No se consideró práctico incluir valores numéricos en las cartas; en consecuencia, se siguió el procedimiento usado por Griffiths (1960) y por Alverson (1960). Los valores numéricos de la captura promedio por día estandarizado de actividad fueron divididos en cinco categorías; cada una está representada por un punto de diferente tamaño.

Durante los primeros trimestres, las áreas de pesca frente a la costa ecuatoriana y alrededor de las Islas Galápagos tuvieron el promedio más alto en la captura de barrilete por día estandarizado de actividad (Figura 12a). Sin embargo, en años de temperaturas desusadamente altas, tales como 1958 y 1959, las áreas de un grado en la región del lugar de las 14 brazas y en las vecindades de la frontera Perú-Chile han sido especialmente productivas.

En los segundos trimestres, la pesquería raras veces se extiende más al sur que el Golfo de Guayaquil y el esfuerzo se concentra más frente a la

costa sur de México y frente a Centroamérica (Figura 12b); ésto, sin embargo, es debido principalmente a la pesquería del atún aleta amarilla (ver Alverson, 1960). Estas regiones no producen consistentemente grandes cantidades de barrilete, aunque en algunos años, especialmente frente a la América Central, diversas áreas de un grado han sido productivas. Las costas de Colombia y del Ecuador y el sector meridional de las áreas locales frente a Baja California han sido las productoras más consistentes. En los primeros años de la década de 1950 las Galápagos fueron productivas, y en los años recientes de aguas cálidas el área de las 14 brazas ha sido importante.

Las áreas más productivas en los trimestres terceros han sido las zonas locales frente a Baja California y el área entre el Golfo de Fonseca y el Banco de Guayaquil, incluyendo las Islas Galápagos (Figura 12c). El área de las 14 brazas fué importante en 1957 y 1958.

En los cuartos trimestres la pesquería se extiende más que en los terceros. Se pesca menos extensivamente las áreas locales y se cubre en una forma más completa la costa sur de México (Figura 12d). El área de Guayaquil y la de las Galápagos han tenido generalmente el más alto nivel en la abundancia aparente. Sin embargo, en 1954, 1955 y 1956, algunas de las áreas de un grado frente a la costa de América Central fueron productivas y, en 1958, el sector septentrional de las áreas locales y la región de la frontera Perú-Chile estuvieron entre las regiones más productivas.

Pueden hacerse algunas generalizaciones sobre la pesquería del barrilete para el año promedio, considerado en conjunto. El Golfo de Guayaquil ha sido consistentemente una de las áreas más productivas durante todo el año, y la región que se extiende hacia el sur desde las Islas Tres Marias hasta la parte norte de la América Central ha sido consistentemente improductiva. Las áreas locales han estado entre las regiones más productivas en los trimestres segundo y tercero.

Atún aleta amarilla y barrilete combinados

Variación trimestral en los índices de densidad

Los datos correspondientes a las dos especies combinadas se presentan en la Tabla 7 (antes de la eliminación) y en la Tabla 8 (después de la eliminación). En la Figura 13 se presentan gráficamente los índices de densidad ponderado y no ponderado, antes de la eliminación.

El patrón estacional de la fluctuación presente en los índices de densidad del barrilete no es tan pronunciado en los índices de densidad calculados a base de los datos combinados. Sin embargo, hay todavía una tendencia de los valores más altos del índice no ponderado a aparecer en el segundo semestre del año. Los valores más altos del índice ponderado tienden a ocurrir a mediados del año. Los valores trimestrales promedio

de los dos índices se muestran en la Tabla 9 y en la Figura 16. El orden ascendente de magnitud de los trimestres promedio del índice no ponderado es el siguiente: primero, cuarto, segundo, tercero. El orden correspondiente al índice ponderado es el mismo, con la excepción de que los trimestres segundo y tercero están invertidos.

El índice ponderado es ligeramente menos variable que el índice no ponderado. Los respectivos coeficientes de variación son 0.296 y 0.276. Estos valores son considerablemente más bajos que los valores correspondientes obtenidos de los datos separados del atún aleta amarilla y del barrilete.

La mayoría de las fluctuaciones más importantes en los índices de densidad de las especies combinadas ocurre en los mismos trimestres en que ocurren los máximos más destacados y los puntos bajos de los índices de las especies separadas. El máximo en el índice no ponderado en el tercer trimestre de 1951 fué debido al máximo previamente descrito en el índice no ponderado del barrilete. El punto bajo en el primer trimestre de 1952 ocurrió cuando los índices no ponderados de ambas especies fueron bajos. El máximo en el cuarto trimestre de 1954 resultó del máximo en el índice del barrilete, y el del cuarto trimestre de 1955 fué a consecuencia de que los índices no ponderados de ambas especies estuvieron a niveles moderadamente altos en el mismo trimestre. Los máximos en los trimestres segundo y tercero de 1959 se encuentran asociados con los valores desusadamente altos del índice no ponderado del barrilete que fueron descritos anteriormente.

Los puntos altos y bajos del índice ponderado tienen una relación similar con las fluctuaciones de los índices de cada una de las especies. Los puntos altos en los trimestres segundo y tercero de 1951 están asociados con los altos valores del índice ponderado del atún aleta amarilla. En el primer trimestre de 1953, los índices ponderados de ambas especies estuvieron a un bajo nivel, y el índice ponderado de las dos especies combinadas descendió hasta el punto más bajo de la serie de nueve años. Se registró un máximo en el segundo trimestre de 1955, que fué debido principalmente a un máximo en el índice ponderado del atún aleta amarilla. Los altos valores del índices ponderado del tercer trimestre de 1955 al tercer trimestre de 1956 fueron el resultado de los índices ponderados de ambas especies separadas que estaban a niveles sobre el promedio durante el mismo período. Una situación similar causó el máximo en el índice ponderado del tercer trimestre de 1959.

Los índices de densidad de las especies combinadas fueron calculados otra vez después de la eliminación de las áreas de un grado que recibieron menos de cinco días de esfuerzo registrado en los cuadernos de bitácora en un trimestre (Figura 14). El índice no ponderado cambia muy poco con la eliminación, excepto por un tres por ciento de aumento en promedio.

El coeficiente de variación aumentó ligeramente de 0.296 a 0.301. La eliminación de las áreas de un grado al nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora ocasionó un aumento mucho mayor en el índice ponderado que en el no ponderado, y la variación de un trimestre a otro fué ligeramente alterada. El índice aumentó en un promedio de 41 por ciento y hay una tendencia a que los valores máximos ocurran un trimestre más tarde. El coeficiente de variación se elevó muy ligeramente de 0.276 a 0.278.

Los promedios de los nueve años en los índices de densidad correspondientes a cada trimestre del año, después de la eliminación, se muestran en la Tabla 9 y en la Figura 16. Los valores promedio del índice no ponderado cambian muy poco por la eliminación; el promedio de los cuartos trimestres es ligeramente más alto que el de los segundos trimestres, pero ocurría lo contrario antes de la eliminación. El orden ascendente de magnitud del índice ponderado cambió de primero, cuarto, tercero, segundo, a primero, cuarto, segundo, tercero. En el segundo semestre del año, más áreas de un grado tienden a ser eliminadas que en el primer semestre y, en consecuencia, hay un aumento proporcionalmente mayor en el índice del último semestre.

Variaciones trimestrales en el índice de concentración

La Figura 17 muestra gráficamente el índice de concentración del atún aleta amarilla y del barrilete combinados. Discutiremos en primer término la línea ininterrumpida que representa los datos antes de la eliminación. El índice de concentración exhibe variación de un margen de valores bastante reducido (1.14 a 3.10). Con un coeficiente de variación de 0.239, el índice de concentración combinado es menos variable que cualquiera de los índices de densidad o que de los índices de concentración de cualquiera de las especies separadas.

Los promedios del período 1951-1959 del índice de concentración correspondiente a cada trimestre del año se muestran en la Tabla 9 y en la Figura 15. Del más bajo al más alto, caen en el siguiente orden: segundo, primero, tercero, cuarto.

En 1951, el índice de concentración de las especies combinadas fué paralelo con el índice de concentración del atún aleta amarilla. En el segundo semestre del año el índice del barrilete descendió a un nivel muy bajo, mientras que el índice combinado y el del atún aleta amarilla se elevaron abruptamente, indicando que la concentración del esfuerzo estuvo más afectada por la distribución del atún aleta amarilla que por la del barrilete.

En 1952 y 1953 hay poca evidencia de que el esfuerzo estuviera concentrado principalmente en una de las dos especies con perjuicio de la otra. En 1952:4, en el que ocurrió un *máximum* moderado, los índices de cada

una de las especies separadas y el de las especies combinadas fueron todos similares.

En el primer trimestre de 1954, se registró un máximo que se produjo principalmente por la gran captura de atún aleta amarilla por día estandarizado de actividad en el área de las 14 brazas. En el cuarto trimestre, el índice combinado alcanzó su punto más alto en la serie de nueve años, debido en gran parte a las pescas excepcionales de barrilete en la zona del Banco y del Cerro Submarino de Guayaquil.

En 1955 y en el primer semestre de 1956, el índice combinado y los índices de las especies separadas exhibieron las mismas fluctuaciones y se mantuvieron muy similares, indicando que la flota concentró su esfuerzo sin discriminación entre las dos especies.

El índice de concentración del atún aleta amarilla bajó, en general, y el del barrilete se elevó durante el período del régimen de aguas cálidas desde el segundo semestre de 1957 hasta el primer semestre de 1959. El índice de concentración combinado estuvo entre los de las dos especies separadas y el patrón de fluctuación fué comparable con el del índice del barrilete.

La eliminación de las áreas de un grado que recibieron menos de cinco días de esfuerzo registrado en los cuadernos de bitácora redujo el índice de concentración en un promedio de 28 por ciento, debido al aumento proporcionalmente más grande en el índice de densidad ponderado comparado con el índice no ponderado. El coeficiente de variación se redujo de 0.239 a 0.180. No cambió substancialmente la variación de un trimestre a otro. Hay una ligera tendencia a que los puntos altos de la curva ocurran en el trimestre anterior y los puntos bajos un trimestre más tarde. Como en el caso del índice de concentración del barrilete, los valores altos se redujeron en una mayor extensión que los valores bajos. Esto queda ilustrado por el cambio en el promedio de los cuatro trimestres. Los trimestres tercero y cuarto que tuvieron los valores más altos antes de la eliminación se redujeron en 32 y 33 por ciento, respectivamente. Los trimestres primero y segundo se redujeron en 22 y 24 por ciento por la eliminación.

Relación entre el índice de densidad ponderado y el no ponderado

La relación entre el índice de densidad ponderado y el no ponderado fué examinada mediante el análisis de regresión. Los métodos usados son los mismos que se describieron en la sección correspondiente al barrilete. En la Figura 18 se han graficado los valores trimestrales del índice no ponderado contra los del índice ponderado. Como quedó previamente establecido, las variancias de los valores agrupados de Y no fueron homogéneas con respecto a los datos de cualquiera de las especies separadas, y las desviaciones estándar exhibieron la tendencia a subir con el aumento de los valores de X . En consecuencia, la fórmula.

$$b = \Sigma(Y/X)/N$$

fué empleada para computar la pendiente de la línea. En el caso de los datos combinados, las variancias parecen ser caso homogéneas y la fórmula

$$b = \Sigma XY / \Sigma X^2$$

sería más apropiada. Sin embargo, hay pequeñas diferencias entre las pendientes computadas por las dos fórmulas (1.889 y 1.810); consecuentemente, a fin de obtener resultados directamente comparables, se usó el método de la razón Y/X .

La pendiente de la línea, computada por la fórmula

$$b = \Sigma(Y/X)/N$$

es 1.889; éste es también el índice medio de concentración. El 95 por ciento de los límites de confianza lo dan las pendientes 1.736 y 2.042 (± 8 por ciento de b). El 95 por ciento de los límites de confianza de los valores individuales de Y lo dan las pendientes 0.971 y 2.807, ó ± 49 por ciento de b . El coeficiente de correlación entre los dos índices (0.636) es significativo al nivel de confianza de 99 por ciento.

Se repitieron estos cálculos empleando los valores promedio anuales y con las coordenadas invertidas, tanto para los valores trimestrales como para los anuales. Los coeficientes de regresión, las pendientes del 95 por ciento de los límites de confianza y los coeficientes de correlación se muestran en la Tabla 10.

El efecto de la eliminación de las áreas de un grado al nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora puede resumirse como sigue: el coeficiente de regresión bajó a 1.361. El 95 por ciento de los límites de confianza se redujo un poco (± 6 por ciento de b) y lo mismo ocurrió con los límites de los valores individuales de Y (± 37 por ciento de b). El coeficiente de correlación aumentó a 0.825**. Los valores obtenidos de la inversión de las coordenadas y de los promedios anuales también se muestran en la Tabla 10.

Relación entre los índices de densidad y de concentración y el número de áreas de un grado explotadas.

La relación entre el índice de concentración y el número de áreas de un grado explotadas fué examinada mediante el uso de los datos combinados de las especies, empleando los métodos que han sido descritos al referirse a cada especie. Los coeficientes de correlación correspondientes a los datos trimestrales y anuales fueron 0.0516 y 0.262, respectivamente; ningún valor fué significativo al nivel de confianza del 95 por ciento. Los coeficientes de correlación cambiaron de positivos a negativos por la eliminación de las áreas de un grado, pero todavía están lejos de ser significativos. No hay evidencia de una relación significativa entre la expansión de la pesquería y el éxito de la concentración del esfuerzo.

Fué examinada también la relación entre los índices de densidad y el número de áreas de un grado explotadas. El coeficiente de correlación entre los valores trimestrales del índice ponderado y el número de áreas de un grado explotadas es -0.443^{**} . Con promedios anuales el coeficiente viene a ser de -0.789^{**} . Después de la eliminación el coeficiente trimestral es -0.518^{**} y el coeficiente anual -0.713^{*} .

Cuando se sustituye el índice no ponderado por el ponderado, el coeficiente de correlación trimestral, antes de la eliminación, es -0.424^{**} , y el anual es -0.572 que no es significativo al nivel del 95 por ciento con siete grados de libertad. Después de la eliminación, estos valores vinieron a ser -0.516^{**} y -0.695^{*} .

Estos datos parecen indicar que hay una relación negativa de significación entre el número de áreas de un grado explotadas y los índices de densidad; conforme disminuye la captura por unidad de esfuerzo, aumenta la actividad en la búsqueda.

En la Tabla 11 se anotan los coeficientes de correlación trimestrales y anuales entre las áreas de un grado y los índices de densidad y de concentración.

Relación entre los índices de densidad y de concentración de los atunes aleta amarilla y barrilete

El examen de las fluctuaciones trimestrales de los índices de densidad y de concentración del atún aleta amarilla y del barrilete sugiere que, en algunos trimestres, el esfuerzo fué concentrado principalmente en una u otra especie. En consecuencia, se intentó determinar si hay una relación consistente entre los índices de densidad y de concentración de las dos especies.

Los valores trimestrales y anuales del índice de densidad no ponderado del barrilete fueron graficados contra los correspondientes valores del atún aleta amarilla y se computaron los coeficientes de correlación. Los coeficientes, tanto el trimestral como el anual, fueron negativos pero no se acercaron al nivel de significación del 95 por ciento. La eliminación de las áreas de un grado, al nivel de cinco días registrados en los cuadernos de bitácora no cambió substancialmente los valores de estos coeficientes. Sin embargo, se obtuvo una correlación negativa de significación (-0.577^{*}) cuando se compararon todos los trimestres de la serie de tres años 1956-1958. Esta fué la única serie de trimestres consecutivos que dió una correlación significativa.

Los índices ponderados de las dos especies se examinaron del mismo modo; en este caso, todos los coeficientes de correlación fueron positivos. El coeficiente de correlación entre los valores trimestrales de los índices ponderados de las dos especies, antes de la eliminación, fué 0.322; éste está

ligeramente debajo del nivel de significación del 95 por ciento con 34 grados de libertad. El coeficiente de correlación obtenido de los datos anuales no alcanzó significación alguna; tampoco los coeficientes trimestrales ni los anuales, después de la eliminación, se acercaron a cifras significativas.

Los coeficientes de correlación trimestrales y anuales entre los índices de concentración del atún aleta amarilla y del barrilete, antes de la eliminación, fueron negativos y de ninguna significación. Después de la eliminación, el coeficiente trimestral de correlación también fué negativo y no significativo. Sin embargo, el coeficiente de correlación entre los valores promedio anuales fué -0.748 , el cual es significativo al nivel del 95 por ciento con siete grados de libertad. Esto proporciona alguna evidencia de que los índices de concentración de las dos especies están en relación inversa. Sin embargo, hay indicaciones de que, aún cuando los índices de densidad y de concentración de las dos especies pueden ser independientes en algunos trimestres individuales, no hay una relación consistente y significativa.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA

Alverson, F. G.

- 1960 Distribution of fishing effort and resulting tuna catches from the Eastern Tropical Pacific by quarters of the year, 1951-1958.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. IV, No. 6, pp. 319-441 (English), pp. 442-446 (Spanish).

Blunt, C. E., Jr., and J. D. Messersmith

- 1960 Tuna tagging in the Eastern Tropical Pacific, 1952-1959.
Calif. Dept. Fish and Game, Vol. 46, No. 3, pp. 301-369.

Broadhead, G. C.

- 1959 Morphometric comparisons among yellowfin tuna, (*Neothunnus macropterus*), from the Eastern Tropical Pacific Ocean.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. III, No. 8, pp. 353-382 (English), pp. 383-392 (Spanish).

Godsil, H. C.

- 1938 The high seas tuna fishery of California.
Calif. Div. Fish and Game, Fish Bull. No. 51, 41 pp.

Griffiths, R. C.

- 1960 A study of measures of population density and of concentration of fishing effort in the fishery for yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus*, in the Eastern Tropical Pacific Ocean, from 1951 to 1956.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. IV, No. 3, pp. 39-98 (English), pp. 99-136 (Spanish).

Gulland, J. A.

- 1956 A study of fish populations by the analysis of commercial catches.
Rapp. Proc. Verb., Conseil Int. Explor. Mer, Vol. 140, No. 1, Cont. No. 2, pp. 21-29.

Hennemuth, R. C.

- 1959 Morphometric comparison of skipjack from the Central and Eastern Tropical Pacific Ocean.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. III, No. 6, pp. 239-285 (English), pp. 286-304 (Spanish).
1961 Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean for the years 1954-1958.
Ibid., Vol. V, No. 1, pp. 1-82 (English), pp. 83-112 (Spanish).

Posner, G. S.

- 1957 The Peru Current.
Bull. Bingham Oceanogr. Coll., Vol. 16, Art. 2, pp. 106-155.

Royce, W. F.

- 1953 Preliminary report on a comparison of the stocks of yellowfin tuna.
Proc. Indo-Pacific Fish. Council, 1952, Sec. 2, pp. 130-145.

Schaefer, M. B.

- 1955 Morphometric comparison of yellowfin tuna from Southeast Polynesia, Central America, and Hawaii.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. I, No. 4, pp. 89-116 (English), pp. 117-136 (Spanish).
- 1958 Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1957.
Ibid., Ann. Rept. for 1957, pp. 31-79 (English), pp. 80-134 (Spanish).
- 1959 Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1958.
Ibid., Ann. Rept. for 1958, pp. 34-74 (English), pp. 75-121 (Spanish).
- 1960 Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1959.
Ibid., Ann. Rept. for 1959, pp. 39-94 (English), pp. 95-156 (Spanish).
- 1961 Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1960.
Ibid., Ann. Rept. for 1960, pp. 40-107 (English), pp. 108-183 (Spanish).

Schaefer, M. B., B. M. Chatwin, and G. C. Broadhead

- 1961 Tagging and recovery of tropical tunas, 1955-1959.
Ibid., Bull., Vol. V, No. 5, pp. 341-416 (English), pp. 417-455 (Spanish).

Shimada, B. M.

- 1958 Geographical distribution of annual catches of yellowfin and skipjack tuna from the Eastern Tropical Pacific Ocean from logbook records, 1952-1955.
Ibid., Bull., Vol. II, No. 7, pp. 285-354 (English), pp. 355-363 (Spanish).

Shimada, B. M. and M. B. Schaefer

- 1956 A study of changes in fishing effort, abundance and yield for yellowfin and skipjack tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean.
Ibid., Bull., Vol. I, No. 7, pp. 347-421 (English), pp. 422-469 (Spanish).

Snedecor, G. W.

- 1946 Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. Fourth edition.
Iowa State College Press, Ames, Iowa, 1946, 485 pp.